

PATENT COOPERATION TREATY

PCT

NOTIFICATION OF ELECTION

(PCT Rule 61.2)

From the INTERNATIONAL BUREAU

To:

Assistant Commissioner for Patents
United States Patent and Trademark
Office
Box PCT
Washington, D.C.20231
ETATS-UNIS D'AMERIQUE

in its capacity as elected Office

Date of mailing (day/month/year) 11 July 2000 (11.07.00)	
International application No. PCT/DE99/03961	Applicant's or agent's file reference IHP.169.PCT
International filing date (day/month/year) 08 December 1999 (08.12.99)	Priority date (day/month/year) 14 December 1998 (14.12.98)
Applicant HEINEMANN, Bernd et al	

1. The designated Office is hereby notified of its election made:

☒ in the demand filed with the International Preliminary Examining Authority on:

17 June 2000 (17.06.00)

☐ in a notice effecting later election filed with the International Bureau on:2. The election ☒ was☐ was not

made before the expiration of 19 months from the priority date or, where Rule 32 applies, within the time limit under Rule 32.2(b).

<p>The International Bureau of WIPO 34, chemin des Colombettes 1211 Geneva 20, Switzerland</p> <p>Facsimile No.: (41-22) 740.14.35</p>	<p>Authorized officer Antonia Muller</p> <p>Telephone No.: (41-22) 338.83.38</p>
--	--

TENT COOPERATION TREA

PCT

NOTIFICATION OF THE RECORDING
OF A CHANGE(PCT Rule 92bis.1 and
Administrative Instructions, Section 422)

From the INTERNATIONAL BUREAU

To:

HEITSCH, Wolfgang
Göhlisdorfer Strasse 25g
D-14778 Jeserig
ALLEMAGNE

Eingegangen

06. SEP. 2000

Date of mailing (day/month/year)
25 August 2000 (25.08.00)Applicant's or agent's file reference
IHP.169.PCTInternational application No.
PCT/DE99/03961

IMPORTANT NOTIFICATION

International filing date (day/month/year)
08 December 1999 (08.12.99)

1. The following indications appeared on record concerning:

☒ the applicant ☐ the inventor ☐ the agent ☐ the common representative

Name and Address

INSTITUT FÜR HALBLEITERPHYSIK
FRANKFURT (ODER) GMBH
Walter-Korsing-Strasse 2
D-15230 Frankfurt (oder)
GermanyState of Nationality
DEState of Residence
DE

Telephone No.

Facsimile No.

Teleprinter No.

2. The International Bureau hereby notifies the applicant that the following change has been recorded concerning:

☐ the person ☐ the name ☒ the address ☐ the nationality ☐ the residence

Name and Address

INSTITUT FÜR HALBLEITERPHYSIK
FRANKFURT (ODER) GMBH
Im Technologiepark 25
D-15236 Frankfurt (oder)
GermanyState of Nationality
DEState of Residence
DE

Telephone No.

Facsimile No.

Teleprinter No.

3. Further observations, if necessary:

4. A copy of this notification has been sent to:

☒ the receiving Office ☐ the designated Offices concerned
☐ the International Searching Authority ☒ the elected Offices concerned
☒ the International Preliminary Examining Authority ☐ other:The International Bureau of WIPO
34, chemin d s C lombettes
1211 Geneva 20, Switzerland

Facsimile No.: (41-22) 740.14.35

Authorized officer

Simin Baharlou

Telephone No.: (41-22) 338.83.38

5000
Translation
09/857859

PATENT COOPERATION TREATY

PCT

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

(PCT Article 36 and Rule 70)

Applicant's or agent's file reference IHP.169.PCT	FOR FURTHER ACTION See Notification of Transmittal of International Preliminary Examination Report (Form PCT/IPEA/416)	
International application No. PCT/DE99/03961	International filing date (day/month/year) 08 December 1999 (08.12.99)	Priority date (day/month/year) 14 December 1998 (14.12.98)
International Patent Classification (IPC) or national classification and IPC H01L 29/737, 21/331		
Applicant IHP GMBH INNOVATIONS FOR HIGH PERFORMANCE MICROELECTRONICS INSTITUT FÜR INNOVATIVE MIKROELEKTRONIK		

1. This international preliminary examination report has been prepared by this International Preliminary Examining Authority and is transmitted to the applicant according to Article 36.

2. This REPORT consists of a total of 6 sheets, including this cover sheet.

☒ This report is also accompanied by ANNEXES, i.e., sheets of the description, claims and/or drawings which have been amended and are the basis for this report and/or sheets containing rectifications made before this Authority (see Rule 70.16 and Section 607 of the Administrative Instructions under the PCT).

These annexes consist of a total of 14 sheets.

3. This report contains indications relating to the following items:

- I ☒ Basis of the report
- II ☐ Priority
- III ☐ Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability
- IV ☐ Lack of unity of invention
- V ☒ Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement
- VI ☐ Certain documents cited
- VII ☒ Certain defects in the international application
- VIII ☒ Certain observations on the international application

Date of submission of the demand 17 June 2000 (17.06.00)	Date of completion of this report 23 March 2001 (23.03.2001)
Name and mailing address of the IPEA/EP	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/DE99/03961

I. Basis of the report

1. This report has been drawn on the basis of (*Replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are not annexed to the report since they do not contain amendments.*):

- ☐ the international application as originally filed.
- ☒ the description, pages _____, as originally filed,
pages _____, filed with the demand,
pages 1-11, filed with the letter of 18 November 2000 (18.11.2000),
pages _____, filed with the letter of _____.
- ☒ the claims, Nos. _____, as originally filed,
Nos. _____, as amended under Article 19,
Nos. _____, filed with the demand,
Nos. 1-11, filed with the letter of 18 November 2000 (18.11.2000),
Nos. _____, filed with the letter of _____.
- ☒ the drawings, sheets/fig 1-5, as originally filed,
sheets/fig _____, filed with the demand,
sheets/fig _____, filed with the letter of _____,
sheets/fig _____, filed with the letter of _____.

2. The amendments have resulted in the cancellation of:

- ☐ the description, pages _____
- ☐ the claims, Nos. _____
- ☐ the drawings, sheets/fig _____

3. ☐ This report has been established as if (some of) the amendments had not been made, since they have been considered to go beyond the disclosure as filed, as indicated in the Supplemental Box (Rule 70.2(c)).

4. Additional observations, if necessary:

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.
PCT/DE. 99/03961

V. Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement

1. Statement

Novelty (N)	Claims	1-11	YES
	Claims		NO
Inventive step (IS)	Claims	1-11	YES
	Claims		NO
Industrial applicability (IA)	Claims	1-11	YES
	Claims		NO

2. Citations and explanations

see supplemental Box

Supplemental Box
(To be used when the space in any of the preceding boxes is not sufficient)

Continuation of: II-VIII

1. Reference is made to the following documents:

D1: EP-A-0 795 899 (DAIMLER-BENZ
AKTIENGESELLSCHAFT) 17 September 1997 (1997-09-17)
D2: COMFORT J H ET AL: "SINGLE CRISTAL EMITTER CAP
FOR EPITAXIAL SI- AND SIGE-BASE TRANSISTORS"
PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL ELECTRON DEVICES
MEETING, US, NEW YORK, IEEE, volume -, 1991, pages
91-857-91-860, XP000347370 ISBN: 0-7803-0243-5
D3: DE-A-41 02 888 (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA)
1 August 1991 (1997-08-01)
D4: EP-A-0 551 185 (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA)
14 July 1993 (1993-07-14)
D5: WO-A-98/26457 (INSTITUT FÜR HALBLEITERPHYSIK
FRANKFURT (ODER) GMBH) 18 June 1998 (1998-06-18)

2. The amendments submitted with the letter of **15 November 2000** introduce substantive matter which, contrary to PCT Article 34(2)(b), goes beyond the disclosure in the international application as filed. The amendments concerned are as follows:

Originally the minimum layer thickness claimed for the cap layer in Claims 3 and 10 was only disclosed in combination with a maximum dopant concentration of $5 \times 10^{16}/\text{cm}^3$ (see original Claims 4, 16 and page 7, lines 17-19 of the description).

3. The present invention meets the requirements of PCT Article 33(2) and (3) because the subject matter of Claims **1-11** is novel and inventive.

Supplemental Box

(To be used when the space in any of the preceding boxes is not sufficient)

Continuation of: II-VIII

3.1. D1 (see Fig. 1a-1e) as the closest prior art for the method according to Claim 1 shows a method for the production of a bipolar transistor in which structured areas consisting of a collector area (3) and insulation areas (6) surrounding it are produced on a monocrystalline substrate layer (1), a base layer (4a) and - by means of epitaxy - a cap layer (5a) are produced over the collector area (3), an insulation layer (7, 8) is deposited over the cap layer (5a) and opened in the range of the effective emitter area, a poly or α -Si layer (14) is deposited above the opened insulating layer, structured and used as emitter dopant source and contact layer, with a doping profile whose doping is weak on the base side and higher on the emitter side being introduced in the cap layer (5a).

3.2. The latter feature implicitly follows from D1 due to the short-time annealing step for emitter diffusion (see the paragraph which connects columns 3 and 4 in D1). Such a short-time annealing step inevitably leads to a doping profile in the cap layer as given in the characterising part. This is made clear in D2. D2 shows a device which is essentially identical to the one known from D1, but it is not detailed enough as prior art for Claim 1. Fig. 3 of D2 shows the influence of a short-time annealing step on the doping profile of the cap layer.

Supplemental Box

(To be used when the space in any of the preceding boxes is not sufficient)

Continuation of: II-VIII

- 3.3 However, D1 does not disclose that the doping profile in the cap layer is produced before the emitter diffusion.
- 3.4 The feature that the doping profile in the cap layer is produced before the emitter diffusion means that the doping profile exists on the whole surface, that is also in the overlapping area which is defined as the area between the edge of the emitter window and the outer limit of the structured poly or α -silicon layer. In device Claim 8 this feature replaces the feature distinguishing method Claim 1 from D1.
- 3.5 In D1 a doping profile is only formed indirectly by emitter diffusion and naturally only in the emitter window and after the emitter diffusion.
- 3.6 The difference according to 3.3 and 3.4 leads to an optimal reduction of the base-emitter capacity and prevents depletion in the overlapping area (see definition in 3.4).
- 3.7 None of the documents cited in the search report suggests such an approach.
4. There are some instances of lack in clarity (PCT Article 6) of an editorial nature:

Supplemental Box

(To be used when the space in any of the preceding boxes is not sufficient)

Continuation of: II-VIII

- 4.1 The device in Claim 8 ought not to be defined by means of method steps but by positive device features.
- 4.2 The reference sign 112 in line 23 of Claim 8 ought to be replaced by 117.
- 4.3 In line 22 of Claim 8 and line 11 of Claim 1 there ought to be a comma in the German version after "dazwischen liegen kann" and "abgeschieden werden kann".
- 4.4 In line 1 on page 14 of the German version of Claim 8 the word "abgeschiden" ought to be replaced by the correct spelling "abgeschieden".

VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS

PCT

REC'D 27 MAR 2001

INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT


(Artikel 36 und Regel 70 PCT)

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts IHP.169.PCT	WEITERES VORGEHEN siehe Mitteilung über die Übersendung des internationalen vorläufigen Prüfungsberichts (Formblatt PCT/IPEA/416)	
Internationales Aktenzeichen PCT/DE99/03961	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) 08/12/1999	Prioritätsdatum (Tag/Monat/Tag) 14/12/1998
Internationale Patentklassifikation (IPK) oder nationale Klassifikation und IPK H01L29/737		
Anmelder INSTITUT FÜR HALBLEITERPHYSIK FRA... et al.		

- Dieser internationale vorläufige Prüfungsbericht wurde von der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 36 übermittelt.
- Dieser BERICHT umfaßt insgesamt 6 Blätter einschließlich dieses Deckblatts.
☒ Außerdem liegen dem Bericht ANLAGEN bei; dabei handelt es sich um Blätter mit Beschreibungen, Ansprüchen und/oder Zeichnungen, die geändert wurden und diesem Bericht zugrunde liegen, und/oder Blätter mit vor dieser Behörde vorgenommenen Berichtigungen (siehe Regel 70.16 und Abschnitt 607 der Verwaltungsrichtlinien zum PCT).
Diese Anlagen umfassen insgesamt 14 Blätter.

- Dieser Bericht enthält Angaben zu folgenden Punkten:

- I ☒ Grundlage des Berichts
- II ☐ Priorität
- III ☐ Keine Erstellung eines Gutachtens über Neuheit, erfinderische Tätigkeit und gewerbliche Anwendbarkeit
- IV ☐ Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung
- V ☒ Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung
- VI ☐ Bestimmte angeführte Unterlagen
- VII ☒ Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung
- VIII ☒ Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung

Datum der Einreichung des Antrags 17/06/2000	Datum der Fertigstellung dieses Berichts 23.03.2001
Name und Postanschrift der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde:  Europäisches Patentamt D-80298 München Tel. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu d Fax: +49 89 2399 - 4465	Bevollmächtigter Bediensteter Madenach, A Tel. Nr. +49 89 2399 2832 

I. Grundlage des Berichts

1. Dieser Bericht wurde erstellt auf der Grundlage (*Ersatzblätter, die dem Anmeldeamt auf eine Aufforderung nach Artikel 14 hin vorgelegt wurden, gelten im Rahmen dieses Berichts als "ursprünglich eingereicht" und sind ihm nicht beigelegt, weil sie keine Änderungen enthalten.*):

Beschreibung, Seiten:

1-11 eingegangen am 18/11/2000 mit Schreiben vom 15/11/2000

Patentansprüche, Nr.:

1-11 eingegangen am 18/11/2000 mit Schreiben vom 15/11/2000

Zeichnungen, Blätter:

1-5 ursprüngliche Fassung

2. Hinsichtlich der **Sprache**: Alle vorstehend genannten Bestandteile standen der Behörde in der Sprache, in der die internationale Anmeldung eingereicht worden ist, zur Verfügung oder wurden in dieser eingereicht, sofern unter diesem Punkt nichts anderes angegeben ist.

Die Bestandteile standen der Behörde in der Sprache: zur Verfügung bzw. wurden in dieser Sprache eingereicht; dabei handelt es sich um

- ☐ die Sprache der Übersetzung, die für die Zwecke der internationalen Recherche eingereicht worden ist (nach Regel 23.1(b)).
- ☐ die Veröffentlichungssprache der internationalen Anmeldung (nach Regel 48.3(b)).
- ☐ die Sprache der Übersetzung, die für die Zwecke der internationalen vorläufigen Prüfung eingereicht worden ist (nach Regel 55.2 und/oder 55.3).

3. Hinsichtlich der in der internationalen Anmeldung offenbarten **Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz** ist die internationale vorläufige Prüfung auf der Grundlage des Sequenzprotokolls durchgeführt worden, das:

- ☐ in der internationalen Anmeldung in schriftlicher Form enthalten ist.
- ☐ zusammen mit der internationalen Anmeldung in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.
- ☐ bei der Behörde nachträglich in schriftlicher Form eingereicht worden ist.
- ☐ bei der Behörde nachträglich in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.
- ☐ Die Erklärung, daß das nachträglich eingereichte schriftliche Sequenzprotokoll nicht über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung im Anmeldezeitpunkt hinausgeht, wurde vorgelegt.
- ☐ Die Erklärung, daß die in computerlesbarer Form erfassten Informationen dem schriftlichen Sequenzprotokoll entsprechen, wurde vorgelegt.

4. Aufgrund der Änderungen sind folgende Unterlagen fortgefallen:

- ☐ Beschreibung, Seiten:
☐ Ansprüche, Nr.:
☐ Zeichnungen, Blatt:

5. ☐ Dieser Bericht ist ohne Berücksichtigung (von einigen) der Änderungen erstellt worden, da diese aus den angegebenen Gründen nach Auffassung der Behörde über den Offenbarungsgehalt in der ursprünglich eingereichten Fassung hinausgehen (Regel 70.2(c)).

(Auf Ersatzblätter, die solche Änderungen enthalten, ist unter Punkt 1 hinzuweisen; sie sind diesem Bericht beizufügen).

6. Etwaige zusätzliche Bemerkungen:

V. Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung

1. Feststellung

Neuheit (N)	Ja: Ansprüche	1-11
	Nein: Ansprüche	
Erfinderische Tätigkeit (ET)	Ja: Ansprüche	1-11
	Nein: Ansprüche	
Gewerbliche Anwendbarkeit (GA)	Ja: Ansprüche	1-11
	Nein: Ansprüche	

2. Unterlagen und Erklärungen
siehe Beiblatt

VII. Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung

Es wurde festgestellt, daß die internationale Anmeldung nach Form oder Inhalt folgende Mängel aufweist:
siehe Beiblatt

VIII. Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung

Zur Klarheit der Patentansprüche, der Beschreibung und der Zeichnungen oder zu der Frage, ob die Ansprüche in vollem Umfang durch die Beschreibung gestützt werden, ist folgendes zu bemerken:
siehe Beiblatt

Die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich auf die im Deckblatt angeführten Punkte II-VIII, sofern sie angekreuzt sind:

1. Es wird auf die folgenden Dokumente verwiesen:

D1: EP-A-0 795 899 (DAIMLER-BENZ AKTIENGESELLSCHAFT) 17. September 1997 (1997-09-17)

D2: COMFORT J H ET AL: 'SINGLE CRYSTAL EMITTER CAP FOR EPITAXIAL SI- AND SIGE-BASE TRANSISTORS' PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL ELECTRON DEVICES MEETING, US, NEW YORK, IEEE, Bd. -, 1991, Seiten 91-857-91-860, XP000347370 ISBN: 0-7803-0243-5

D3: DE 41 02 888 A (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA) 1. August 1991 (1991-08-01)

D4: EP-A-0 551 185 (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA) 14. Juli 1993 (1993-07-14)

D5: WO 98 26457 A (INSTITUT FÜR HALBLEITERPHYSIK FRANKFURT (ODER) GMBH) 18. Juni 1998 (1998-06-18)

2. Die mit Schreiben vom **15.11.00** eingereichten Änderungen bringen Sachverhalte ein, die im Widerspruch zu Artikel 34 (2) b) PCT über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung im Anmeldezeitpunkt hinausgehen. Es handelt sich dabei um folgende Änderungen:

Die in den Ansprüchen 3 und 10 beanspruchte minimale Schichtdicke für die Cap-Schicht wurde ursprünglich nur in Verbindung mit einer maximalen Dotierstoffkonzentration von $5 \times 10^{16} / \text{cm}^3$ offenbart (siehe die ursprünglichen Ansprüche 4, 16 und S. 7, Z. 17-19 der Beschreibung).

3. Die vorliegende Anmeldung erfüllt die Erfordernisse von Artikel 33(2) und 33(3) PCT, da der Gegenstand der Ansprüche **1-11** neu und erfinderisch ist.

- 3.1 D1 (siehe Fig. 1a-1e) als nächstliegender Stand der Technik für das Verfahren nach Anspruch 1 zeigt ein Verfahren zur Herstellung eines Bipolartransistors, bei dem auf einer einkristallinen Substratschicht (1) strukturierte Gebiete bestehend aus einem Kollektorbereich (3) sowie diesen umgebende Isolationsgebiete (6) erzeugt werden, über dem Kollektorbereich (3) eine Basisschicht (4a) und mittels

Epitaxie eine Cap-Schicht (5a) hergestellt werden, über der Cap-Schicht (5a) eine Isolationsschicht (7, 8) abgeschieden und diese im Bereich des wirksamen Emittergebiets geöffnet wird, über der geöffneten Isolationsschicht eine Poly- oder α -Si-Schicht (14) abgeschieden, strukturiert und als Emitter-Dotierstoffquelle und Kontaktschicht genutzt wird, wobei ein Dotierungsprofil in die Cap-Schicht (5a) eingebracht wird, welches basisseitig schwach und emitterseitig höher dotiert ist.

- 3.2 Das letztere Merkmal ergibt sich implizit in D1 aufgrund des Kurzzeitausheilschritts zur Emitterdiffusion (siehe in D1 den Absatz, der die Spalten 3 und 4 verbindet). Ein solcher Kurzzeitausheilschritt führt zwangsläufig zu einem Dotierungsprofil in der Cap-Schicht, wie es im kennzeichnenden Teil angegeben ist. Dies wird in D2 verdeutlicht. D2 zeigt eine im wesentlichen mit der aus D1 bekannten identische Vorrichtung, ist jedoch als Stand der Technik für den Anspruch 1 nicht ausführlich genug. Fig. 3 von D2 den Einfluß eines Kurzzeitausheilschritts auf das Dotierstoffprofil der Cap-Schicht.
- 3.3 Aus D1 ist jedoch nicht bekannt, daß das Dotierungsprofil in der Cap-Schicht vor der Emitterdiffusion erzeugt wird.
- 3.4 Aus dem Merkmal, daß das Dotierungsprofil in der Cap-Schicht vor der Emitterdiffusion erzeugt wird, folgt, daß das Dotierungsprofil ganzflächig, also auch im Überlappungsbereich, der als Gebiet zwischen dem Rand des Emitterfensters und der äußeren Begrenzung der strukturierten Poly- oder α -Siliziumschicht definiert ist, existiert. Dieses Merkmal ersetzt im Vorrichtungsanspruch 8 das unterscheidende Merkmal des Verfahrensanspruchs 1 im Vergleich mit D1.
- 3.5 In D1 entsteht ein Dotierungsprofil lediglich indirekt durch die Emitterdiffusion, und das natürlich auch nur im Emitterfenster und auch nur nach der Emitterdiffusion.
- 3.6 Durch den Unterschied nach 3.3 und 3.4 wird einerseits eine optimale Reduktion der Basis-Emitter-Kapazität erreicht und andererseits einer Verarmung im Überlappungsbereich (siehe Definition unter 3.4) verhindert.
- 3.7 Keines der im Recherchenbericht genannten Dokumente legt eine solche

Vorgehensweise nahe.

4. Es bestehen einige Klarheitmängel (Art. 6) redaktioneller Natur:
 - 4.1 Die Vorrichtung in Anspruch 8 sollte Vorzugsweise nicht mittels Verfahrensschritten sondern durch positive Vorrichtungsmerkmale definiert werden.
 - 4.1 Das Bezugszeichen 112 in Zeile 23 des Anspruchs 8 sollte 117 sein.
 - 4.2 In Zeile 22 des Anspruchs 8 und Zeile 11 des Anspruchs 1 sollte nach "dazwischen liegen kann" bzw. "abgeschieden werden kann" ein Komma stehen.
 - 4.3 In Zeile 1 auf Seite 14 des Anspruchs 8 muß es richtig "abgeschieden" heißen.

Bipolartransistor und Verfahren zu seiner Herstellung

Die Erfindung betrifft einen Bipolartransistor und ein Verfahren zu seiner Herstellung.

5

Die Realisierung von epitaktisch hergestellten Silizium-Germanium-Heterobipolartransistoren (SiGe-HBT) sowie die kostensparende Vereinfachung der technologischen Prozesse gaben in jüngerer Zeit neue Impulse für die Weiterentwicklung von Si-Bipolartransistoren. Einen attraktiven Weg eröffnet in dieser Hinsicht die Verbindung einer epitaktisch erzeugten Basis mit den prozeßvereinfachenden Möglichkeiten einer Einzel-Polysilizium-Technologie.

Im Vergleich zu konventionell per Implantation oder Eindiffusion eingebrachten Basisprofilen können mit Hilfe epitaktisch hergestellter Silizium-Germanium-Basisschichten gleichzeitig kleinere Basisweiten und -schichtwiderstände erzeugt werden, ohne daß unbrauchbar kleine Stromverstärkungen oder hohe Leckströme in Kauf genommen werden müssen. Dabei sind elektrisch aktive Dotierstoffkonzentrationen in der Basis bis über $1 \cdot 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ realisiert worden, wie beispielsweise in A. Schüppen, A. Gruhle, U. Erben, H. Kibbel und U. König: 90 GHz f_{max} SiGe-HBTs, DRC 94, S. IIA-2, 1994 beschrieben. Um Leckströme durch Tunnelprozesse zu vermeiden, ist jedoch eine niedrig dotierte Zone zwischen den Hochkonzentrationsgebieten von Emitter und Basis nötig. Übersteigt nämlich die Basisdotierung Werte von $5 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$, und würde, wie bei implantierten Basisprofilen üblich, die Hochkonzentration des Emitters bis in die Basis hineinreichen, sind unakzeptabel hohe Tunnelströme die Folge. Im Unterschied zu implantierten Basisprofilen ist es bei Anwendung der Epitaxie problemlos möglich, gleichzeitig schmale Basisprofile sowie eine

15
20
25

niedrig dotierte Zone (Cap-Schicht) zu erzeugen.

Fig. 1 zeigt schematisch den Emitterbereich eines SiGe-HBTs. Der Transistoraufbau gibt typische Merkmale eines Einzel-Polysiliziumprozesses wieder. Über einkristallinem Kollektorgebiet 11 wurde epitaktisch eine SiGe-Basis 12 und anschließend die Cap-Schicht 13 abgeschieden. Eine seitliche Isolation des Transistorgebietes ist in Fig. 1 nicht mit eingezeichnet. Wenn während des Epitaxieschrittes sowohl auf einkristallinem Substrat 11 als auch auf dem nicht dargestellten Isolatorgebiet Halbleitermaterial wächst (differentielle Epitaxie), ist es möglich, die gewachsenen Halbleiterschichten als Verbindung zwischen einem Kontakt auf Isolationsgebiet und dem inneren Transistor zu nutzen. Diese Verbindung sollte möglichst niederohmig ausgelegt sein. Daher wäre es günstig, wenn die Epitaxieschichtdicke unabhängig von der Basisweite eingestellt werden könnte. Über der Isolationsschicht 14, in die naßchemisch Emitterfenster geätzt wurden, ist eine Poly- oder α -Siliziumschicht 15 abgeschieden worden. Die α -Siliziumschicht 15 erhält während der Abscheidung oder nachträglich per Implantation eine Dotierung vom Leitfähigkeitstyp des Emitters und dient als Diffusionsquelle für die Emitterdotierung 16 im einkristallinen Substrat. Die Isolatorschicht 14 wird eingesetzt, um keine Schädigung der Cap-Schicht 13 bei der später erfolgten Strukturierung der polykristallinen α -Siliziumschicht 15 hinnehmen zu müssen. Im Überlappungsbereich 17 des Polysiliziums, dem Gebiet zwischen dem Rand des Emitterfensters und der äußeren Begrenzung der strukturierten Poly- oder α -Siliziumschicht 15, entsteht eine Schichtfolge, bestehend aus Halbleiter-, Isolator- und Halbleitermaterial. In Abhängigkeit von der Dotierung der Cap-Schicht 13, von Grenzflächenladungen und Rekombinationseigenschaften der Oberfläche sowie den Betriebsbedingungen des Transistors kann dieser Aufbau analog zu einer MOS-Kapazität eine Anreicherung aber auch Verarmung an beweglichen Ladungsträgern an der Oberfläche der Cap-Schicht 13 bewirken.

Bei flußgepolter Basis-Emitter-Diode können dadurch sowohl die Idealität des Basisstroms als auch die Niederfrequenz-Rauscheigenschaften beeinträchtigt werden. In Sperrichtung werden Generationsströme und Durchbruchsspannungen unter Umständen negativ beeinflußt.

- 5 Unter der Bedingung, daß wegen der Tunnelgefahr die Dotandenkonzentrationen in der Cap-Schicht das Niveau von $5 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ nicht übersteigen sollten, erhebt sich die Frage, in welcher Weise diese Zone geeignet zu dotieren ist. Im folgenden werden die bisher bekannten Varianten für npn-SiGe-HBTs diskutiert: Homogene n- oder p-Dotierungen nahe der Tunnelgrenze bzw. quasi undotierte Gebiete (i-Zone). In A.
- 10 Chantre, M. Marty, J. L. Regolini, M. Mouis, J. de Pontcharra, D. Dutartre, C. Morin, D. Gloria, S. Jouan, R. Pantel, M. Laurens, and A. Monroy: A high performance low complexity SiGe HBT for BiCMOS integration, BCTM '98, S. 93 - 96, 1998 wird eine p-Dotierung von ca. $5 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ verwendet. Hieraus resultiert der entscheidende Nachteil, daß die Cap-Schichtdicke in einem Toleranzbereich von wenigen
- 15 Nanometern an die Eindringtiefe des aus der Poly-Silizium-Emitter-Schicht ausdiffundierenden Dotierstoffes angepaßt sein muß. Größere Cap-Schichtdicken, die für eine niederohmige Verbindung der inneren Basis zu einem Anschluß auf Isolationsgebiet vorteilhaft wären, verbieten sich, da sonst die Wirkung des Germanium-Profils stark eingeschränkt wird. In A. Gruhle, C. Mähner: Low 1/f noise SiGe HBTs
- 20 with application to low phase noise microwave oscillators, Electronics Letters, Vol. 33, No. 24, S. 2050 - 2052, 1997, wird eine 100 nm dicke Cap-Schicht mit einer n-Konzentration von $1 \cdot 2 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ verwendet. Ähnliche Bedingungen werden in der EP-A-0 795 899 angegeben, wobei vorzugsweise eine Cap-Schicht-Dicke von 70 nm mit einer n-Dotierkonzentration von $2 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ eingesetzt wird. Obgleich bei
- 25 dieser Variante das Problem der Dickentoleranz der Cap-Schicht behoben und die

Gefahr von Tunnelströmen durch die Verringerung der Dotierstoffkonzentration in der Cap-Schicht beseitigt ist, sind auch hier die Möglichkeiten zur Reduktion der Basis-Emitter-Kapazität nicht optimal ausgeschöpft.

- 5 Dieser Nachteil läßt sich umgehen, wenn auf eine Cap-Dotierung weitgehend verzichtet wird, wie beispielsweise in B. Heinemann, F. Herzel und U. Zillmann: Influence of low doped emitter and collector regions on high-frequency performance of SiGe-base HBTs, Solid-St. Electron., Bd. 38(6), S. 1183 - 1189, 1995 beschrieben. Allerdings kann es dann leicht zu der oben beschriebenen Verarmung des Überlappungsgebietes 17 kommen. Diese Zusammenhänge werden im folgenden mit Hilfe zweidimensionaler Bauelementesimulation erläutert.

- Fig. 2 zeigt den in der Simulation verwendeten, vereinfachten Transistoraufbau. Die elektrische Wirkung der Oxid-Halbleitergrenzfläche im Überlappungsgebiet wird mit einer positiven Flächenladungsdichte von $1 \cdot 10^{11} \text{ cm}^{-2}$ sowie einer Oberflächenrekombinationsgeschwindigkeit von 1000 cm/s modelliert. In Fig. 3 sind Vertikalprofile entlang einer Schnitlinie senkrecht zum Überlappungsbereich dargestellt. Die Profile zeigen drei Dotierungsvarianten in der Cap-Schicht 13 und die in allen Fällen identisch vorgegebene, p-dotierte SiGe-Basis 12. Es werden folgende Cap-Dotierungen verglichen: quasi undotierte Cap-Schicht 13 (Profil i) und zwei homogene n-Dotierungen (Profil n1 mit $1 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ und Profil n2 mit $2 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$). Fig. 4 zeigt die Transitfrequenz als Funktion des Kollektorstromes für die verschiedenen Cap-Dotierungen. Insbesondere bei kleinen Kollektorströmen ist eine Zunahme der Transitfrequenz mit sinkendem Dotierungsniveau in der Cap-Schicht 13 zu erkennen. Während das Profil i vergleichsweise die besten Transitfrequenzen liefert, stellt sich 25 als Nachteil jedoch heraus, daß sich die Idealität des Basisstromes (Fig. 5) im Gum-

mel-Plot gegenüber den Vergleichsprofilen spürbar verschlechtert hat.

Aufgabe der Erfindung ist es, einen Bipolartransistor und ein Verfahren zu seiner Herstellung anzugeben, bei dem die beschriebenen Nachteile konventioneller Anordnungen überwunden werden, um insbesondere minimale Basis-Emitter-Kapazitäten und beste Hochfrequenzeigenschaften zu realisieren, ohne daß die statischen Eigenschaften eines Bipolartransistors mit schwach dotierter Cap-Schicht, vor allem die Basisstromidealität und das Niederfrequenz-Rauschen, spürbar verschlechtert werden und die Prozeßkomplexität zunimmt.

- 10 Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch die Einbringung eines speziellen Dotierungsprofils in eine epitaktisch erzeugte Cap-Schicht (Cap-Dotierung) gelöst. Mit Hilfe dieses Dotierungsprofils wird erreicht, daß eine minimale Basis-Emitter-Kapazität und beste Hochfrequenzeigenschaften erreicht werden können, aber auch die generations-/rekombinationsaktive Grenzfläche zwischen Cap-Schicht und Isola-
- 15 tor im Polysilizium-Überlappingsgebiet im interessanten Arbeitsbereich des Transistors in ihrer Wirksamkeit eingeschränkt und die Basisstromidealität verbessert wird. Entscheidend für die guten Hochfrequenzeigenschaften ist der nur schwach, vorzugsweise kleiner als $5 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ dotierte basisseitige Abschnitt in der Cap-Schicht mit einer bevorzugten Dicke zwischen 20 nm und 70 nm.
- 20 Emitterseitig ist die Cap-Schicht höher dotiert. Wenn der Dotierstoff den Leitfähigkeitstyp der Basisschicht besitzt, werden zur Vermeidung von Tunnelströmen Dotierstoffkonzentrationen in der Cap-Schicht von vorzugsweise kleiner als $5 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ eingesetzt.

Vorzugsweise wird das Cap-Dotierungsprofil mittels Implantation oder in situ während des Epitaxieschrittes eingebracht.

Die Merkmale der Erfindung gehen außer aus den Ansprüchen auch aus der Beschreibung und den Zeichnungen hervor, wobei die einzelnen Merkmale jeweils für sich allein oder zu mehreren in Form von Unterkombinationen schutzfähige Ausführungen darstellen, für die hier Schutz beansprucht wird. Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden im folgenden näher erläutert.

10 Die Zeichnungen zeigen:

Fig. 1 Schematische Darstellung des Emittergebietes eines Bipolartransistors, hergestellt in einer Einzel-Polysilizium-Technologie mit epitaktisch abgeschiedener Basis,

15 Fig. 2 Schematische Darstellung des Simulationsgebietes für den Bipolartransistor nach Fig. 1 (nicht maßstabsgerecht),

Fig. 3 Vertikale Dotierungsprofile unter dem Überlappungsbereich für verschiedene Cap-Dotierungen,

Fig. 4 Transit-Frequenz als Funktion der Kollektorstromdichte für unterschiedliche Dotierungsprofile,

Fig. 5 Gummel-Plots für verschiedene Dotierungsprofile,

Fig. 6 Vertikale Dotierungsprofile unter dem Überlappungsbereich für verschiedene Cap-Dotierungen,

Fig. 7 Gummel-Plots für verschiedene Dotierungsprofile,

25

Fig. 8 Transit-Frequenz als Funktion der Kollektorstromdichte für unterschiedliche Dotierungsprofile und

Fig. 9 Schematische Darstellung eines Bipolartransistors während der Herstellung.

- 5 Die Merkmale und Wirkungsweise der erfindungsgemäßen Cap-Dotierungsprofile werden mit Hilfe zweidimensionaler Bauelementesimulation an einem npn SiGe-HBT beschrieben. Die Darlegungen lassen sich in entsprechender Weise auf einen pnp-Transistor übertragen.
- 10 Fig. 6 zeigt charakteristische Beispiele für die hier vorgeschlagenen Vertikalprofile in der Cap-Schicht 13 entlang einer Schnittlinie senkrecht zum Überlappungsbereich. Das Cap- „Profil p1“ ist zur Cap-Schicht-Oberfläche hin ansteigend und erreicht dort mit ca. $9 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ seine maximale Konzentration, während die 10 nm breiten, kastenähnlichen Profile „p2 und n3“ mit $2 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ dotiert sind. Die Profile p1 und p2
- 15 sind vom p-Leitfähigkeitstyp, n3 vom n-Typ. In Fig. 7 sind Gummel-Plots zu den Profilen p1, p2 und n3 dargestellt, wobei zum Vergleich die Kennlinien vom Profil i aus Fig. 5 übernommen wurden. Fig. 7 zeigt deutlich die Verbesserung der Idealität der Basisstromkennlinien bei Verwendung der Cap-Dotierung gegenüber dem Verhalten von Profil i. Die dynamischen Berechnungen zu diesen Profilen führen zu dem
- 20 in Fig. 8 wiedergegebenen Ergebnis: Im Unterschied zu den homogenen Dotierungen n1 und n2 mit Konzentrationen von $1 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ und $2 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ ist für die Cap-Profile p1, p2 und n3 keine Verschlechterung der Transitfrequenzen im Vergleich zu Profil i zu erkennen. Entscheidend für die guten Hochfrequenzeigenschaften ist der nur schwach, vorzugsweise kleiner als $5 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ dotierte Abschnitt in der Cap-Schicht

mit einer bevorzugten Dicke von mindestens 20 nm. Die Resultate weisen darauf hin, daß im hier betrachteten Beispiel sowohl mit n- als auch mit p-Profil in der Cap-Schicht annähernd gleichwertige Ergebnisse erreichbar sind.

Welcher Dotierungstyp in der Praxis zu bevorzugen ist, hängt z. B. davon ab, welchen Typ und welche Dichte die Ladungen an der Si/Isolator-Grenzfläche oder im Isolator besitzen oder welche Herstellungsverfahren für die Cap-Dotierung in Frage kommen. So lassen sich die vorgeschlagenen Profile z. B. per Implantation einbringen. Diese Variante ist jedoch nur dann zu bevorzugen, wenn die Auswirkungen von Punktdefekten auf das Basisprofil kontrollierbar sind. Würde es infolge der Ausheilung von Punktdefekten zu einer verstärkten Diffusion der Basisdotierung aus der SiGe-Schicht kommen und hierdurch die elektrischen Eigenschaften unakzeptabel verschlechtert werden, sind andere Dotierungsvarianten nötig. Zum Beispiel bietet sich eine in situ Dotierung während der Epitaxie an. Bei diesem Vorgehen wird der Typ der Cap-Dotierung mitbestimmt von der Sicherheit und Einfachheit des Abscheideprozesses.

Im folgenden wird die Herstellung eines Bipolartransistors gemäß der Erfindung am Beispiel eines npn SiGe-HBTs dargelegt. Die dabei vorgestellte Verfahrensweise kann ebenso gut auf pnp-Transistoren übertragen werden. Außerdem ist es erfindungsgemäß auch möglich, auf eine Epitaxie der Basisschicht zu verzichten und das Basisprofil vor der epitaktischen Herstellung einer Cap-Schicht per Implantation einzubringen.

Wie in Fig. 9 dargestellt, wurden auf einer einkristallinen Substratschicht 111 vom Leitfähigkeitstyp I strukturierte Gebiete, bestehend aus einem Kollektorbereich 112 vom Leitfähigkeitstyp II, sowie diesen umgebende Isolationsgebiete 113 erzeugt. Sind Emitter und Kollektor z.B. n-leitend, ist die Basis vom p-Typ bzw. umgekehrt.

Es sind verschiedene geeignete Isolationstechniken bekannt, wie z.B. LOCOS-Prozesse, verspacerte Mesa-Anordnungen bzw. tiefe oder flache Trenchisolationen. Auf der Basis differentieller Epitaxie wird ganzflächig die Pufferschicht 114, die SiGe-Schicht mit in-situ Dotierung der Basisschicht 115 vom Leitfähigkeitstyp I sowie die Cap-Schicht 116 erzeugt.

Während die Pufferschicht 114, die Basisschicht 115 und Cap-Schicht 116 einkristallin über dem Silizium-Substrat wachsen, entstehen polykristalline Schichten 114/1;115/1;116/1 über dem Isolationsgebiet 113. Nach photolithografischer Maskierung werden Trockenätztechniken eingesetzt, um die Epitaxieschicht in denjenigen Gebieten zu entfernen, in denen keine Transistoren entstehen.

Verwendet man anstelle differentieller eine selektive Epitaxie, bei der ein Wachstum ausschließlich über Siliziumuntergrund erfolgt, entfällt im Unterschied zum Prozeßablauf mit differentieller Epitaxie die Strukturierung des Epitaxiestapels.

Im folgenden Schritt werden die Siliziumgebiete mit einer Isolationsschicht 117 abgedeckt. Es ist möglich, dies durch thermische Oxidation und/oder Abscheidung zu erreichen. Es können Schichtstapel von Dielektrika, z. B. Siliziumoxid und -nitrid, eingesetzt werden. Außerdem kann die elektrisch isolierende Schicht mit einer Polysiliziumschicht bedeckt sein, um zusätzliche Freiheitsgrade für den späteren Prozeßablauf offenzuhalten.

Als wesentlich im Sinne des erfindungsgemäßen Verfahrens ist die Realisierung des Cap-Dotierungsprofils in einer epitaktisch hergestellten Cap-Schicht anzusehen. Es besteht die Möglichkeit, ähnliche Profile wie die in Fig. 6 gezeigten, in situ während der Epitaxie einzubringen. Des weiteren kann durch Implantation vor oder nach Herstellung der Isolationsschicht 117 ein flaches Profil erzeugt werden. Außerdem sind

verschiedene Verfahren zur Eindiffusion derartiger Profile bekannt. Dafür kann auch eine mit Dotierstoff hochangereicherte Isolatorschicht dienen. Ein Ausdiffusionsschritt kann vor oder nach weiteren Prozeßschritten erfolgen. Insbesondere bei Anwendung solcher Prozeßschritte wie Implantation, Eindiffusion oder thermischer Oxidation, die eine beschleunigte Diffusion der Dotanden hervorrufen können, ist der Einsatz eines diffusionshemmenden Zusatzstoffes in Kollektor, Basis oder Cap-Schicht 116, wie z. B. Kohlenstoff, sinnvoll.

Die Transistorherstellung kann nun fortgesetzt werden mit der Strukturierung einer Lackmaske zur Öffnung des Emitterfensters. Dort werden die Deckschichten mit Hilfe bekannter Ätzverfahren abgetragen. Um gute Transistoreigenschaften zu erzielen, sind vorzugsweise Naßätztechniken beim Freilegen der Halbleiteroberfläche anzuwenden.

Der Prozeß wird fortgesetzt mit der Abscheidung einer amorphen Siliziumschicht für die Bildung des Polysiliziumemitters. Diese kann bereits in-situ während oder im Anschluß an die Abscheidung durch Implantation dotiert werden.

Der Prozeß wird mit konventionellen Schritten der Strukturierung, Implantation und Passivierung fortgesetzt. Zur Ausheilung der Implantationsschäden und zur Formierung des Poly-Emitters werden erforderliche Hoch-Temperaturschritte durchgeführt. Der Prozeß wird vervollständigt mit dem Öffnen der Kontaktlöcher für Emitter, Basis und Kollektor und einer Standardmetallisierung für die Transistorkontakte.

In der vorliegenden Erfindung wurden anhand konkreter Ausführungsbeispiele ein Bipolartransistor und ein Verfahren zu seiner Herstellung erläutert. Es sei aber vermerkt, daß die vorliegende Erfindung nicht auf die Einzelheiten der Beschreibung im

Ausführungsbeispiel eingeschränkt ist, da im Rahmen der Patentansprüche Änderungen und Abwandlungen beansprucht werden.

Patentansprüche

5

1. Verfahren zur Herstellung eines Bipolartransistors, bei dem auf einer einkristallinen Substratschicht (111) strukturierte Gebiete, bestehend aus einem Kollektorbereich (112), sowie diesen umgebende Isolationsgebiete (113) erzeugt werden, über dem Kollektorbereich (112) eine Basisschicht (115), wobei eine dazwischenliegende Pufferschicht (114) abgeschieden werden kann und mittels Epitaxie eine Cap-Schicht (116) hergestellt werden, über der Cap-Schicht (116) eine Isolationsschicht (117) abgeschieden und diese im Bereich des wirksamen Emittergebietes geöffnet wird, über der geöffneten Isolationsschicht (117) eine Poly- oder α -Si-Schicht abgeschieden, strukturiert und als Emitterdotierstoffquelle und Kontaktschicht genutzt wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß vor dem Eindiffusionsschritt aus der Emitterdotierstoffquelle ein Dotierungsprofil in die Cap-Schicht (116) eingebracht wird, welches basisseitig schwach und emitterseitig höher dotiert ist.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die basisseitig schwächere Dotierstoffkonzentration der Cap-Schicht (116) Werte von $5 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ nicht übersteigt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Cap-Schicht (116) eine Schichtdicke zwischen 20 nm und 70 nm besitzt.

4. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die emitterseitig höhere Dotierstoffkonzentration der Cap-Schicht (116) Werte von $5 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ nicht übersteigt, wenn der Dotierstoff den Leitfähigkeitstyp der Basisschicht (115) besitzt.
- 5
5. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Cap-Dotierungsprofil mittels Implantation eingebracht wird.
- 10
6. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Cap-Dotierungsprofil in situ während des Epitaxieschrittes eingebracht wird.
- 15
7. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Cap-Dotierungsprofil durch Ausdiffusion aus der mit Dotierstoff hochangereicherten Isolationsschicht (117) erzeugt wird.
- 20
8. Bipolartransistor, bei dem auf einer einkristallinen Substratschicht (111) strukturierte Gebiete, bestehend aus einem Kollektorbereich (112), sowie diesen umgebende Isolationsgebiete (113) erzeugt werden, über dem Kollektorbereich (112) eine Basisschicht (115), wobei eine Pufferschicht (114) dazwischen liegen kann und mittels Epitaxie eine Cap-Schicht (116) hergestellt werden, über der Cap-Schicht (116) eine Isolationsschicht (112) abgeschieden und diese im Bereich des wirksamen Emittergebietes geöffnet wird, über der
- 25

- geöffneten Isolationsschicht (117) eine Poly- oder α -Si-Schicht abgeschieden, strukturiert und als Emitter-Dotierstoffquelle und Kontaktschicht genutzt wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß im Überlappungsbereich (17), dem Gebiet zwischen dem Rand des Emitterfensters und der äußeren Begrenzung der strukturierten Poly- oder α -Siliziumschicht (15), die Cap-Schicht (13/116) ein Dotierungsprofil enthält, welches basisseitig schwach und emitterseitig höher dotiert ist.
- 5
9. Bipolartransistor nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß die basisseitig schwächere Dotierstoffkonzentration der Cap-Schicht (13/116) Werte von $5 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ nicht übersteigt.
- 10
10. Bipolartransistor nach einem oder mehreren der Anspruch 8 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Cap-Schicht (13/116) eine Schichtdicke zwischen 20 nm und 70 nm besitzt.
- 15
11. Bipolartransistor nach einem oder mehreren der Ansprüche 8 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß die emitterseitig höhere Dotierstoffkonzentration der Cap-Schicht (13/116) Werte von $5 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ nicht übersteigt, wenn der Dotierstoff den Leitfähigkeitstyp der Basisschicht (12,115) besitzt.
- 20

ANTRAG

Der Unterzeichnete beantragt, daß die vorliegende internationale Anmeldung nach dem Vertrag über die internationale Zusammenarbeit auf dem Gebiet des Patentwesens behandelt wird.

Internationales Aktenzeichen

Internationales Anmeldedatum

Name des Anmeldeamts und "PCT International Application"

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts (falls gewünscht)
(max. 12 Zeichen) IHP.169.PCT

Feld Nr. I BEZEICHNUNG DER ERFINDUNG

Bipolartransistor und Verfahren zu seiner Herstellung

Feld Nr. II ANMELDER

Name und Anschrift: (Familienname, Vorname; bei juristischen Personen vollständige amtliche Bezeichnung. Bei der Anschrift sind die Postleitzahl und der Name des Staats anzugeben. Der in diesem Feld in der Anschrift angegebene Staat ist der Staat des Sitzes oder Wohnsitzes des Anmelders, sofern nachstehend kein Staat des Sitzes oder Wohnsitzes angegeben ist.)

Institut für Halbleiterphysik
Frankfurt (Oder) GmbH
Walter-Korsing-Straße 2
15230 Frankfurt (Oder)

☐ Diese Person ist gleichzeitig Erfinder

Telefonnr.:

Telefaxnr.:

Fernschreibnr.:

Staatsangehörigkeit (Staat):
Deutschland

Sitz oder Wohnsitz (Staat)
Deutschland

Diese Person ist Anmelder für folgende Staaten: ☐ alle Bestimmungsstaaten ☒ alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme der Vereinigten Staaten von Amerika ☐ nur die Vereinigten Staaten von Amerika ☐ die im Zusatzfeld angegebenen Staaten

Feld Nr. III WEITERE ANMELDER UND/ODER (WEITERE) ERFINDER

Name und Anschrift: (Familienname, Vorname; bei juristischen Personen vollständige amtliche Bezeichnung. Bei der Anschrift sind die Postleitzahl und der Name des Staats anzugeben. Der in diesem Feld in der Anschrift angegebene Staat ist der Staat des Sitzes oder Wohnsitzes des Anmelders, sofern nachstehend kein Staat des Sitzes oder Wohnsitzes angegeben ist.)

Herr Dr. Bernd Heinemann
Schalmeienweg 29
15234 Frankfurt (Oder)

Diese Person ist:

☐ nur Anmelder

☒ Anmelder und Erfinder

☐ nur Erfinder (Wird dieses Kästchen angekreuzt, so sind die nachstehenden Angaben nicht nötig.)

Staatsangehörigkeit (Staat):
Deutschland

Sitz oder Wohnsitz (Staat)
Deutschland

Diese Person ist Anmelder für folgende Staaten: ☐ alle Bestimmungsstaaten ☐ alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme der Vereinigten Staaten von Amerika ☒ nur die Vereinigten Staaten von Amerika ☐ die im Zusatzfeld angegebenen Staaten

☐ Weitere Anmelder und/oder (weitere) Erfinder sind auf einem Fortsetzungsblatt angegeben.

Feld Nr. IV ANWALT ODER GEMEINSAMER VERTRETER; ZUSTELLANSCHRIFT

Die folgende Person wird hiermit bestellt/ist bestellt worden, um für den (die) Anmelder vor den zuständigen internationalen Behörden in folgender Eigenschaft zu handeln als: ☒ Anwalt ☐ gemeinsamer Vertreter

Name und Anschrift: (Familienname, Vorname; bei juristischen Personen vollständige amtliche Bezeichnung. Bei der Anschrift sind die Postleitzahl und der Name des Staats anzugeben.)

Heitsch, Wolfgang
Europäischer Patentvertreter
Göhlsdorfer Straße 25g
D-14778 Jeserig
Deutschland

Telefonnr.:
033207-51138

Telefaxnr.:
033207-32898

Fernschreibnr.:

☐ Zustellanschrift: Dieses Kästchen ist anzukreuzen, wenn kein Anwalt oder gemeinsamer Vertreter bestellt ist und statt dessen im obigen Feld eine spezielle Zustellanschrift angegeben ist.

Fortsetzung von Feld Nr. III WEITERE ANMELDER UND/ODER (WEITERE) ERFINDER

Wird keines der folgenden Felder benutzt, so sollte dieses Blatt dem Antrag nicht beigelegt werden.

Name und Anschrift: (Familienname, Vorname; bei juristischen Personen vollständige amtliche Bezeichnung. Bei der Anschrift sind die Postleitzahl und der Name des Staats anzugeben. Der in diesem Feld in der Anschrift angegebene Staat ist der Staat des Sitzes oder Wohnsitzes des Anmelders, sofern nachstehend kein Staat des Sitzes oder Wohnsitzes angegeben ist.)

Karl-Ernst Ehwald
Pflaumenweg 17
15234 Frankfurt (Oder)

Diese Person ist:

☐ nur Anmelder

☒ Anmelder und Erfinder

☐ nur Erfinder (Wird dieses Kästchen angekreuzt, so sind die nachstehenden Angaben nicht nötig.)

Staatsangehörigkeit (Staat): Deutschland

Sitz oder Wohnsitz (Staat) Deutschland

Diese Person ist Anmelder für folgende Staaten:

☐ alle Bestimmungsstaaten

☐ alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme der Vereinigten Staaten von Amerika

☒ nur die Vereinigten Staaten von Amerika

☐ die im Zusatzfeld angegebenen Staaten

Name und Anschrift: (Familienname, Vorname; bei juristischen Personen vollständige amtliche Bezeichnung. Bei der Anschrift sind die Postleitzahl und der Name des Staats anzugeben. Der in diesem Feld in der Anschrift angegebene Staat ist der Staat des Sitzes oder Wohnsitzes des Anmelders, sofern nachstehend kein Staat des Sitzes oder Wohnsitzes angegeben ist.)

Dr. Dieter Knoll
Uferstraße 7
15230 Frankfurt (Oder)

Diese Person ist:

☐ nur Anmelder

☒ Anmelder und Erfinder

☐ nur Erfinder (Wird dieses Kästchen angekreuzt, so sind die nachstehenden Angaben nicht nötig.)

Staatsangehörigkeit (Staat): Deutschland

Sitz oder Wohnsitz (Staat) Deutschland

Diese Person ist Anmelder für folgende Staaten:

☐ alle Bestimmungsstaaten

☐ alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme der Vereinigten Staaten von Amerika

☒ nur die Vereinigten Staaten von Amerika

☐ die im Zusatzfeld angegebenen Staaten

Name und Anschrift: (Familienname, Vorname; bei juristischen Personen vollständige amtliche Bezeichnung. Bei der Anschrift sind die Postleitzahl und der Name des Staats anzugeben. Der in diesem Feld in der Anschrift angegebene Staat ist der Staat des Sitzes oder Wohnsitzes des Anmelders, sofern nachstehend kein Staat des Sitzes oder Wohnsitzes angegeben ist.)

Diese Person ist:

☐ nur Anmelder

☐ Anmelder und Erfinder

☐ nur Erfinder (Wird dieses Kästchen angekreuzt, so sind die nachstehenden Angaben nicht nötig.)

Staatsangehörigkeit (Staat):

Sitz oder Wohnsitz (Staat)

Diese Person ist Anmelder für folgende Staaten:

☐ alle Bestimmungsstaaten

☐ alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme der Vereinigten Staaten von Amerika

☐ nur die Vereinigten Staaten von Amerika

☐ die im Zusatzfeld angegebenen Staaten

Name und Anschrift: (Familienname, Vorname; bei juristischen Personen vollständige amtliche Bezeichnung. Bei der Anschrift sind die Postleitzahl und der Name des Staats anzugeben. Der in diesem Feld in der Anschrift angegebene Staat ist der Staat des Sitzes oder Wohnsitzes des Anmelders, sofern nachstehend kein Staat des Sitzes oder Wohnsitzes angegeben ist.)

Diese Person ist:

☐ nur Anmelder

☐ Anmelder und Erfinder

☐ nur Erfinder (Wird dieses Kästchen angekreuzt, so sind die nachstehenden Angaben nicht nötig.)

Staatsangehörigkeit (Staat):

Sitz oder Wohnsitz (Staat)

Diese Person ist Anmelder für folgende Staaten:

☐ alle Bestimmungsstaaten

☐ alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme der Vereinigten Staaten von Amerika

☐ nur die Vereinigten Staaten von Amerika

☐ die im Zusatzfeld angegebenen Staaten

☐ Weitere Anmelder und/oder (weitere) Erfinder sind auf einem zusätzlichen Fortsetzungsblatt angegeben.

Die folgenden Bestimmungen nach Regel 4.9 Absatz a werden hiermit vorgenommen (bitte die entsprechenden Kästchen ankreuzen; wenigstens ein Kästchen muß angekreuzt werden):

Regionales Patent

- ☐ AP ARIPO-Patent: GH Ghana, GM Gambia, KE Kenia, LS Lesotho, MW Malawi, SD Sudan, SZ Swasiland, UG Uganda, ZW Simbabwe und jeder weitere Staat, der Vertragsstaat des Harare-Protokolls und des PCT ist
- ☐ EA Eurasisches Patent: AM Armenien, AZ Aserbaidschan, BY Belarus, KG Kirgisistan, KZ Kasachstan, MD Republik Moldau, RU Russische Föderation, TJ Tadschikistan, TM Turkmenistan und jeder weitere Staat, der Vertragsstaat des Eurasischen Patentübereinkommens und des PCT ist
- ☒ EP Europäisches Patent: AT Österreich, BE Belgien, CH und LI Schweiz und Liechtenstein, CY Zypern, DE Deutschland, DK Dänemark, ES Spanien, FI Finnland, FR Frankreich, GB Vereinigtes Königreich, GR Griechenland, IE Irland, IT Italien, LU Luxemburg, MC Monaco, NL Niederlande, PT Portugal, SE Schweden und jeder weitere Staat, der Vertragsstaat des Europäischen Patentübereinkommens und des PCT ist
- ☐ OA OAPI-Patent: BF Burkina Faso, BJ Benin, CF Zentralafrikanische Republik, CG Kongo, CI Côte d'Ivoire, CM Kamerun, GA Gabun, GN Guinea, ML Mali, MR Mauretanien, NE Niger, SN Senegal, TD Tschad, TG Togo und jeder weitere Staat, der Vertragsstaat der OAPI und des PCT ist (falls eine andere Schutzrechtsart oder ein sonstiges Verfahren gewünscht wird, bitte auf der gepunkteten Linie angeben)

Nationales Patent (falls eine andere Schutzrechtsart oder ein sonstiges Verfahren gewünscht wird, bitte auf der gepunkteten Linie angeben):

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> AL Albanien | <input type="checkbox"/> LS Lesotho |
| <input type="checkbox"/> AM Armenien | <input type="checkbox"/> LT Litauen |
| <input type="checkbox"/> AT Österreich | <input type="checkbox"/> LU Luxemburg |
| <input type="checkbox"/> AU Australien | <input type="checkbox"/> LV Lettland |
| <input type="checkbox"/> AZ Aserbaidschan | <input type="checkbox"/> MD Republik Moldau |
| <input type="checkbox"/> BA Bosnien-Herzegowina | <input type="checkbox"/> MG Madagaskar |
| <input type="checkbox"/> BB Barbados | <input type="checkbox"/> MK Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien |
| <input type="checkbox"/> BG Bulgarien | <input type="checkbox"/> MN Mongolei |
| <input type="checkbox"/> BR Brasilien | <input type="checkbox"/> MW Malawi |
| <input type="checkbox"/> BY Belarus | <input type="checkbox"/> MX Mexiko |
| <input type="checkbox"/> CA Kanada | <input type="checkbox"/> NO Norwegen |
| <input type="checkbox"/> CH und LI Schweiz und Liechtenstein | <input type="checkbox"/> NZ Neuseeland |
| <input type="checkbox"/> CN China | <input type="checkbox"/> PL Polen |
| <input type="checkbox"/> CU Kuba | <input type="checkbox"/> PT Portugal |
| <input type="checkbox"/> CZ Tschechische Republik | <input type="checkbox"/> RO Rumänien |
| <input type="checkbox"/> DE Deutschland | <input type="checkbox"/> RU Russische Föderation |
| <input type="checkbox"/> DK Dänemark | <input type="checkbox"/> SD Sudan |
| <input type="checkbox"/> EE Estland | <input type="checkbox"/> SE Schweden |
| <input type="checkbox"/> ES Spanien | <input type="checkbox"/> SG Singapur |
| <input type="checkbox"/> FI Finnland | <input type="checkbox"/> SI Slowenien |
| <input type="checkbox"/> GB Vereinigtes Königreich | <input type="checkbox"/> SK Slowakei |
| <input type="checkbox"/> GE Georgien | <input type="checkbox"/> SL Sierra Leone |
| <input type="checkbox"/> GH Ghana | <input type="checkbox"/> TJ Tadschikistan |
| <input type="checkbox"/> GM Gambia | <input type="checkbox"/> TM Turkmenistan |
| <input type="checkbox"/> GW Guinea-Bissau | <input type="checkbox"/> TR Türkei |
| <input type="checkbox"/> HR Kroatien | <input type="checkbox"/> TT Trinidad und Tobago |
| <input type="checkbox"/> HU Ungarn | <input type="checkbox"/> UA Ukraine |
| <input type="checkbox"/> ID Indonesien | <input type="checkbox"/> UG Uganda |
| <input type="checkbox"/> IL Israel | <input checked="" type="checkbox"/> US Vereinigte Staaten von Amerika |
| <input type="checkbox"/> IS Island | <input type="checkbox"/> UZ Usbekistan |
| <input checked="" type="checkbox"/> JP Japan | <input type="checkbox"/> VN Vietnam |
| <input type="checkbox"/> KE Kenia | <input type="checkbox"/> YU Jugoslawien |
| <input type="checkbox"/> KG Kirgisistan | <input type="checkbox"/> ZW Simbabwe |
| <input type="checkbox"/> KP Demokratische Volksrepublik Korea | |
| <input type="checkbox"/> KR Republik Korea | |
| <input type="checkbox"/> KZ Kasachstan | |
| <input type="checkbox"/> LC Saint Lucia | |
| <input type="checkbox"/> LK Sri Lanka | |
| <input type="checkbox"/> LR Liberia | |

Kästchen für die Bestimmung von Staaten (für die Zwecke eines nationalen Patents), die dem PCT nach der Veröffentlichung dieses Formblatts beigetreten sind:

- ☐
- ☐

Erklärung bzgl. vorsorglicher Bestimmungen: Zusätzlich zu den oben genannten Bestimmungen nimmt der Anmelder nach Regel 4.9 Absatz b auch alle anderen nach dem PCT zulässigen Bestimmungen vor mit Ausnahme der im Zusatzfeld genannten Bestimmungen, die von dieser Erklärung ausgenommen sind. Der Anmelder erklärt, daß diese zusätzlichen Bestimmungen unter dem Vorbehalt einer Bestätigung stehen und jede zusätzliche Bestimmung, die vor Ablauf von 15 Monaten ab dem Prioritätsdatum nicht bestätigt wurde, nach Ablauf dieser Frist als vom Anmelder zurückgenommen gilt. (Die Bestätigung einer Bestimmung erfolgt durch die Einreichung einer Mitteilung, in der diese Bestimmung angegeben wird, und die Zahlung der Bestimmungs- und der Bestätigungsgebühr. Die Bestätigung muß beim Anmeldeamt innerhalb der Frist von 15 Monaten eingehen.)

Feld Nr. VI PRIORITY		ANSPRUCH <input type="checkbox"/> Weitere <input type="checkbox"/> <small>Präzisionsansprüche sind im Zusatzfeld angegeben.</small>		
Anmeldedatum der früheren Anmeldung (Tag/Monat/Jahr)	Aktenzeichen der früheren Anmeldung	Ist die frühere Anmeldung eine:		
		nationale Anmeldung: Staat	regionale Anmeldung: * regionales Amt	internationale Anmeldung: Anmeldeamt
Zeile (1) 14.12.1998	DE 198 57 640.4	Deutschland		
Zeile (2)				
Zeile (3)				

☐ Das Anmeldeamt wird ersucht, eine beglaubigte Abschrift der oben in der (den) Zeile(n) _____ bezeichneten früheren Anmeldung(en) zu erstellen und dem internationalen Büro zu übermitteln (nur falls die frühere Anmeldung(en) bei dem Amt eingereicht worden ist(sind), das für die Zwecke dieser internationalen Anmeldung Anmeldeamt ist)

* Falls es sich bei der früheren Anmeldung um eine ARIPO-Anmeldung handelt, so muß in dem Zusatzfeld mindestens ein Staat angegeben werden, der Mitgliedstaat der Pariser Verbandsvereinbarung zum Schutz des gewerblichen Eigentums ist und für den die frühere Anmeldung eingereicht wurde.

Feld Nr. VII INTERNATIONALE RECHERCHENBEHÖRDE

Wahl der internationalen Recherchenbehörde (ISA) (falls zwei oder mehr als zwei internationale Recherchen- behörden für die Ausführung der internationalen Recherche zuständig sind, geben Sie die von Ihnen gewählte Behörde an; der Zweibuchstaben-Code kann benutzt werden):	Antrag auf Nutzung der Ergebnisse einer früheren Recherche; Bezugnahme auf diese frühere Recherche (falls eine frühere Recherche bei der internationalen Recherchenbehörde beantragt oder von ihr durchgeführt worden ist):
ISA /	Datum (Tag/Monat/Jahr) Aktenzeichen Staat (oder regionales Amt)

Feld Nr. VIII KONTROLLISTE; EINREICHUNGSSPRACHE

Diese internationale Anmeldung enthält die folgende Anzahl von Blättern:	Dieser internationalen Anmeldung liegen die nachstehend angekreuzten Unterlagen bei:
Antrag : 4	1. <input checked="" type="checkbox"/> Blatt für die Gebührenberechnung
Beschreibung (ohne Sequenzprotokollteil) : 10	2. <input type="checkbox"/> Gesonderte unterzeichnete Vollmacht
Ansprüche : 4	3. <input checked="" type="checkbox"/> Kopie der allgemeinen Vollmacht; Aktenzeichen (falls vorhanden): 3.4.5.-Nr.370/97- AR
Zusammenfassung : 1	4. <input type="checkbox"/> Begründung für das Fehlen einer Unterschrift
Zeichnungen : 5	5. <input type="checkbox"/> Prioritätsbeleg(e), in Feld Nr. VI durch folgende Zeilennummer gekennzeichnet:
Sequenzprotokollteil der Beschreibung :	6. <input type="checkbox"/> Übersetzung der internationalen Anmeldung in die folgende Sprache:
Blattzahl insgesamt : 24	7. <input type="checkbox"/> Gesonderte Angaben zu hinterlegten Mikroorganismen oder anderem biologischen Material
	8. <input type="checkbox"/> Protokoll der Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenzen in computerlesbarer Form
	9. <input type="checkbox"/> Sonstige (einzeln auflühren):
Abbildung der Zeichnungen, die mit der Zusammenfassung veröffentlicht werden soll (Nr.): 9	Sprache, in der die internationale Anmeldung eingereicht wird: deutsch

Feld Nr. IX UNTERSCHRIFT DES ANMELDERS ODER DES ANWALTS

Der Name jeder unterzeichnenden Person ist neben der Unterschrift zu wiederholen, und es ist anzugeben, sofern sich dies nicht eindeutig aus dem Antrag ergibt, in welcher Eigenschaft die Person unterzeichnet.

Wolfgang Heitsch

Vom Anmeldeamt auszufüllen	
1. Datum des tatsächlichen Eingangs dieser internationalen Anmeldung:	2. Zeichnungen <input type="checkbox"/> einge- gangen: <input type="checkbox"/> nicht einge- gegangen:
3. Geändertes Eingangsdatum aufgrund nachträglich, jedoch fristgerecht eingegangener Unterlagen oder Zeichnungen zur Vervollständigung dieser internationalen Anmeldung:	
4. Datum des fristgerechten Eingangs der angeforderten Richtigstellungen nach Artikel 11(2) PCT:	
5. Internationale Recherchenbehörde (falls zwei oder mehr zuständig sind): ISA /	6. <input type="checkbox"/> Übermittlung des Recherchenexemplars bis zur Zahlung der Recherchegebühr aufgeschoben

Vom Internationalen Büro auszufüllen	
Datum des Eingangs des Aktenexemplars beim Internationalen Büro:	

Absender: INTERNATIONALE RECHERCHENBEHÖRDE

PCT

An

Europäischer Patentvertreter
z.H. Heitsch, Wolfgang
Göhlisdorfer Strasse 25g
14778 Jeserig
GERMANY

Eingegangen

28. APR. 2000

Patentanwalt
W. Heitsch

MITTEILUNG ÜBER DIE ÜBERMITTLUNG DES
INTERNATIONALEN RECHERCHENBERICHTS
ODER DER ERKLÄRUNG

(Regel 44.1 PCT)

Absendedatum
(Tag/Monat/Jahr)

26/04/2000

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts

IHP.169.PCT

WEITERES VORGEHEN

siehe Punkte 1 und 4 unten

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 99/03961

Internationales Anmeldedatum

(Tag/Monat/Jahr)

08/12/1999

Anmelder

INSTITUT FÜR HALBLEITERPHYSIK FRA... et al.

1. ☒ Dem Anmelder wird mitgeteilt, daß der internationale Recherchenbericht erstellt wurde und ihm hiermit übermittelt wird.

Einreichung von Änderungen und einer Erklärung nach Artikel 19:

Der Anmelder kann auf eigenen Wunsch die Ansprüche der internationalen Anmeldung ändern (siehe Regel 46):

Bis wann sind Änderungen einzureichen?

Die Frist zur Einreichung solcher Änderungen beträgt üblicherweise zwei Monate ab der Übermittlung des internationalen Recherchenberichts; weitere Einzelheiten sind den Anmerkungen auf dem Beiblatt zu entnehmen.

Wo sind Änderungen einzureichen?

Unmittelbar beim Internationalen Büro der WIPO, 34, CHEMIN des Colombettes, CH-1211 Genf 20,
Telefaxnr.: (41-22) 740.14.35

Nähere Hinweise sind den Anmerkungen auf dem Beiblatt zu entnehmen.

2. ☐ Dem Anmelder wird mitgeteilt, daß kein internationaler Recherchenbericht erstellt wird und daß ihm hiermit die Erklärung nach Artikel 17(2)a) übermittelt wird.
3. ☐ Hinsichtlich des Widerspruchs gegen die Entrichtung einer zusätzlichen Gebühr (zusätzlicher Gebühren) nach Regel 40.2 wird dem Anmelder mitgeteilt, daß
- ☐ der Widerspruch und die Entscheidung hierüber zusammen mit seinem Antrag auf Übermittlung des Wortlauts sowohl des Widerspruchs als auch der Entscheidung hierüber an die Bestimmungsämter dem Internationalen Büro übermittelt worden sind.
- ☐ noch keine Entscheidung über den Widerspruch vorliegt; der Anmelder wird benachrichtigt, sobald eine Entscheidung getroffen wurde.

4. **Weiteres Vorgehen:** Der Anmelder wird auf folgendes aufmerksam gemacht:

Kurz nach Ablauf von **18 Monaten** seit dem Prioritätsdatum wird die internationale Anmeldung vom Internationalen Büro veröffentlicht. Will der Anmelder die Veröffentlichung verhindern oder auf einen späteren Zeitpunkt verschieben, so muß gemäß Regel 90 bis bzw. 90^{ter} 3 vor Abschluß der technischen Vorbereitungen für die internationale Veröffentlichung eine Erklärung über die Zurücknahme der internationalen Anmeldung oder des Prioritätsanspruchs beim Internationalen Büro eingehen.

Innerhalb von **19 Monaten** seit dem Prioritätsdatum ist ein Antrag auf internationale vorläufige Prüfung einzureichen, wenn der Anmelder den Eintritt in die nationale Phase bis zu 30 Monaten seit dem Prioritätsdatum (in manchen Ämtern sogar noch länger) verschieben möchte.

Innerhalb von **20 Monaten** seit dem Prioritätsdatum muß der Anmelder die für den Eintritt in die nationale Phase vorgeschriebenen Handlungen vor allen Bestimmungsämtern vornehmen, die nicht innerhalb von 19 Monaten seit dem Prioritätsdatum in der Anmeldung oder einer nachträglichen Auswahlerklärung ausgewählt wurden oder nicht ausgewählt werden konnten, da für sie Kapitel II des Vertrags nicht verbindlich ist.

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde



Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentaan 2
NL-2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Trudy Thoen-de Jong

Diese Anmerkungen sollen grundlegende Hinweise zur Einreichung von Änderungen gemäß Artikel 19 geben. Diesen Anmerkungen liegen die Erfordernisse des Vertrags über die internationale Zusammenarbeit auf dem Gebiet des Patentwesens (PCT), der Ausführungsordnung und der Verwaltungsrichtlinien, zu diesem Vertrag zugrunde. Bei Abweichungen zwischen diesen Anmerkungen und obengenannten Texten sind letztere maßgebend. Nähere Einzelheiten sind dem PCT-Leitfaden für Anmelder, einer Veröffentlichung der WIPO, zu entnehmen. Die in diesen Anmerkungen verwendeten Begriffe "Artikel", "Regel" und "Abschnitt" beziehen sich jeweils auf die Bestimmungen des PCT-Vertrags, der PCT-Ausführungsordnung bzw. der PCT-Verwaltungsrichtlinien.

HINWEISE ZU ÄNDERUNGEN GEMÄSS ARTIKEL 19

Nach Erhalt des internationalen Recherchenberichts hat der Anmelder die Möglichkeit, einmal die Ansprüche der internationalen Anmeldung zu ändern. Es ist jedoch zu betonen, daß, da alle Teile der internationalen Anmeldung (Ansprüche, Beschreibung und Zeichnungen) während des internationalen vorläufigen Prüfungsverfahrens geändert werden können, normalerweise keine Notwendigkeit besteht, Änderungen der Ansprüche nach Artikel 19 einzureichen, außer wenn der Anmelder z.B. zum Zwecke eines vorläufigen Schutzes die Veröffentlichung dieser Ansprüche wünscht oder ein anderer Grund für eine Änderung der Ansprüche vor ihrer internationalen Veröffentlichung vorliegt. Weiterhin ist zu beachten, daß ein vorläufiger Schutz nur in einigen Staaten erhältlich ist.

Welche Teile der internationalen Anmeldung können geändert werden?

Im Rahmen von Artikel 19 können nur die Ansprüche geändert werden.

In der internationalen Phase können die Ansprüche auch nach Artikel 34 vor der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde geändert (oder nochmals geändert) werden. Die Beschreibung und die Zeichnungen können nur nach Artikel 34 vor der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde geändert werden.

Beim Eintritt in die nationale Phase können alle Teile der internationalen Anmeldung nach Artikel 28 oder gegebenenfalls Artikel 41 geändert werden.

Bis wann sind Änderungen einzureichen?

Innerhalb von zwei Monaten ab der Übermittlung des internationalen Recherchenberichts oder innerhalb von sechzehn Monaten ab dem Prioritätsdatum, je nachdem, welche Frist später abläuft. Die Änderungen gelten jedoch als rechtzeitig eingereicht, wenn sie dem Internationalen Büro nach Ablauf der maßgebenden Frist, aber noch vor Abschluß der technischen Vorbereitungen für die internationale Veröffentlichung (Regel 46.1) zugehen.

Wo sind die Änderungen nicht einzureichen?

Die Änderungen können nur beim Internationalen Büro, nicht aber beim Anmeldeamt oder der Internationalen Recherchenbehörde eingereicht werden (Regel 46.2).

Falls ein Antrag auf internationale vorläufige Prüfung eingereicht wurde/wird, siehe unten.

In welcher Form können Änderungen erfolgen?

Eine Änderung kann erfolgen durch Streichung eines oder mehrerer ganzer Ansprüche, durch Hinzufügung eines oder mehrerer neuer Ansprüche oder durch Änderung des Wortlauts eines oder mehrerer Ansprüche in der eingereichten Fassung.

Für jedes Anspruchsblatt, das sich aufgrund einer oder mehrerer Änderungen von dem ursprünglich eingereichten Blatt unterscheidet, ist ein Ersatzblatt einzureichen.

Alle Ansprüche, die auf einem Ersatzblatt erscheinen, sind mit arabischen Ziffern zu numerieren. Wird ein Anspruch gestrichen, so brauchen, die anderen Ansprüche nicht neu numeriert zu werden. Im Fall einer Neunummerierung sind die Ansprüche fortlaufend zu numerieren (Verwaltungsrichtlinien, Abschnitt 205 b)).

Die Änderungen sind in der Sprache abzufassen, in der die internationale Anmeldung veröffentlicht wird.

Welche Unterlagen sind den Änderungen beizufügen?

Begleitschreiben (Abschnitt 205 b)):

Die Änderungen sind mit einem Begleitschreiben einzureichen.

Das Begleitschreiben wird nicht zusammen mit der internationalen Anmeldung und den geänderten Ansprüchen veröffentlicht. Es ist nicht zu verwechseln mit der "Erklärung nach Artikel 19(1)" (siehe unten, "Erklärung nach Artikel 19 (1)").

Das Begleitschreiben ist nach Wahl des Anmelders in englischer oder französischer Sprache abzufassen. Bei englischsprachigen internationalen Anmeldungen ist das Begleitschreiben aber ebenfalls in englischer, bei französischsprachigen internationalen Anmeldungen in französischer Sprache abzufassen.

PCT

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

(Artikel 18 sowie Regeln 43 und 44 PCT)

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts IHP.169.PCT	WEITERES VORGEHEN siehe Mitteilung über die Übermittlung des internationalen Recherchenberichts (Formblatt PCT/ISA/220) sowie, soweit zutreffend, nachstehender Punkt 5	
Internationales Aktenzeichen PCT/DE 99/ 03961	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) 08/12/1999	(Frühestes) Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr) 14/12/1998
Anmelder INSTITUT FÜR HALBLEITERPHYSIK FRA... et al.		

Dieser internationale Recherchenbericht wurde von der Internationalen Recherchenbehörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 18 übermittelt. Eine Kopie wird dem Internationalen Büro übermittelt.

Dieser internationale Recherchenbericht umfaßt insgesamt 4 Blätter.

☒ Darüber hinaus liegt ihm jeweils eine Kopie der in diesem Bericht genannten Unterlagen zum Stand der Technik bei.

1. Grundlage des Berichts

a. Hinsichtlich der **Sprache** ist die internationale Recherche auf der Grundlage der internationalen Anmeldung in der Sprache durchgeführt worden, in der sie eingereicht wurde, sofern unter diesem Punkt nichts anderes angegeben ist.

☐ Die internationale Recherche ist auf der Grundlage einer bei der Behörde eingereichten Übersetzung der internationalen Anmeldung (Regel 23.1 b)) durchgeführt worden.

b. Hinsichtlich der in der internationalen Anmeldung offenbarten **Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz** ist die internationale Recherche auf der Grundlage des Sequenzprotokolls durchgeführt worden, das

☐ in der internationalen Anmeldung in Schriftlicher Form enthalten ist.

☐ zusammen mit der internationalen Anmeldung in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.

☐ bei der Behörde nachträglich in schriftlicher Form eingereicht worden ist.

☐ bei der Behörde nachträglich in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.

☐ Die Erklärung, daß das nachträglich eingereichte schriftliche Sequenzprotokoll nicht über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung im Anmeldezeitpunkt hinausgeht, wurde vorgelegt.

☐ Die Erklärung, daß die in computerlesbarer Form erfaßten Informationen dem schriftlichen Sequenzprotokoll entsprechen, wurde vorgelegt.

2. ☐ Bestimmte Ansprüche haben sich als nicht recherchierbar erwiesen (siehe Feld I).

3. ☐ Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung (siehe Feld II).

4. Hinsichtlich der Bezeichnung der Erfindung

☒ wird der vom Anmelder eingereichte Wortlaut genehmigt.

☐ wurde der Wortlaut von der Behörde wie folgt festgesetzt:

5. Hinsichtlich der Zusammenfassung

☐ wird der vom Anmelder eingereichte Wortlaut genehmigt.

☒ wurde der Wortlaut nach Regel 38.2b) in der in Feld III angegebenen Fassung von der Behörde festgesetzt. Der Anmelder kann der Behörde innerhalb eines Monats nach dem Datum der Absendung dieses internationalen Recherchenberichts eine Stellungnahme vorlegen.

6. Folgende Abbildung der Zeichnungen ist mit der Zusammenfassung zu veröffentlichen: Abb. Nr. 9

☒ wie vom Anmelder vorgeschlagen

☐ weil der Anmelder selbst keine Abbildung vorgeschlagen hat.

☐ weil diese Abbildung die Erfindung besser kennzeichnet.

☐ keine der Abb.

Im Begleitschreiben sind die Unterschiede zwischen den Ansprüchen in der eingereichten Fassung und den geänderten Ansprüchen anzugeben. So ist insbesondere zu jedem Anspruch in der internationalen Anmeldung anzugeben (gleichlaufende Angaben zu verschiedenen Ansprüchen können zusammengefaßt werden), ob

- i) der Anspruch unverändert ist;
- ii) der Anspruch gestrichen worden ist;
- iii) der Anspruch neu ist;
- iv) der Anspruch einen oder mehrere Ansprüche in der eingereichten Fassung ersetzt;
- v) der Anspruch auf die Teilung eines Anspruchs in der eingereichten Fassung zurückzuführen ist.

Im folgenden sind Beispiele angegeben, wie Änderungen im Begleitschreiben zu erläutern sind:

1. [Wenn anstelle von ursprünglich 48 Ansprüchen nach der Änderung einiger Ansprüche 51 Ansprüche existieren]:
"Die Ansprüche 1 bis 29, 31, 32, 34, 35, 37 bis 48 werden durch geänderte Ansprüche gleicher Numerierung ersetzt; Ansprüche 30, 33 und 36 unverändert; neue Ansprüche 49 bis 51 hinzugefügt."
2. [Wenn anstelle von ursprünglich 15 Ansprüchen nach der Änderung aller Ansprüche 11 Ansprüche existieren]:
"Geänderte Ansprüche 1 bis 11 treten an die Stelle der Ansprüche 1 bis 15."
3. [Wenn ursprünglich 14 Ansprüche existierten und die Änderungen darin bestehen, daß einige Ansprüche gestrichen werden und neue Ansprüche hinzugefügt werden]:
Ansprüche 1 bis 6 und 14 unverändert; Ansprüche 7 bis 13 gestrichen; neue Ansprüche 15, 16 und 17 hinzugefügt. "Oder" Ansprüche 7 bis 13 gestrichen; neue Ansprüche 15, 16 und 17 hinzugefügt; alle übrigen Ansprüche unverändert."
4. [Wenn verschiedene Arten von Änderungen durchgeführt werden]:
Ansprüche 1-10 unverändert; Ansprüche 11 bis 13, 18 und 19 gestrichen; Ansprüche 14, 15 und 16 durch geänderten Anspruch 14 ersetzt; Anspruch 17 in geänderte Ansprüche 15, 16 und 17 unterteilt; neue Ansprüche 20 und 21 hinzugefügt."

"Erklärung nach Artikel 19(1)" (Regel 46.4)

Den Änderungen kann eine Erklärung beigefügt werden, mit der die Änderungen erläutert und ihre Auswirkungen auf die Beschreibung und die Zeichnungen dargelegt werden (die nicht nach Artikel 19 (1) geändert werden können).

Die Erklärung wird zusammen mit der internationalen Anmeldung und den geänderten Ansprüchen veröffentlicht.

Sie ist in der Sprache abzufassen, in der die internationale Anmeldung veröffentlicht wird.

Sie muß kurz gehalten sein und darf, wenn in englischer Sprache abgefaßt oder ins Englische übersetzt, nicht mehr als 500 Wörter umfassen.

Die Erklärung ist nicht zu verwechseln mit dem Begleitschreiben, das auf die Unterschiede zwischen den Ansprüchen in der eingereichten Fassung und den geänderten Ansprüchen hinweist, und ersetzt letzteres nicht. Sie ist auf einem gesonderten Blatt einzureichen und in der Überschrift als solche zu kennzeichnen, vorzugsweise mit den Worten "Erklärung nach Artikel 19 (1)".

Die Erklärung darf keine herabsetzenden Äußerungen über den internationalen Recherchenbericht oder die Bedeutung von in dem Bericht angeführten Veröffentlichungen enthalten. Sie darf auf im internationalen Recherchenbericht angeführte Veröffentlichungen, die sich auf einen bestimmten Anspruch beziehen, nur im Zusammenhang mit einer Änderung dieses Anspruchs Bezug nehmen.

Auswirkungen eines bereits gestellten Antrags auf internationale vorläufige Prüfung

Ist zum Zeitpunkt der Einreichung von Änderungen nach Artikel 19 bereits ein Antrag auf internationale vorläufige Prüfung gestellt worden, so sollte der Anmelder in seinem Interesse gleichzeitig mit der Einreichung der Änderungen beim Internationalen Büro auch eine Kopie der Änderungen bei der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde einreichen (siehe Regel 62.2 a), erster Satz).

Auswirkungen von Änderungen hinsichtlich der Übersetzung der internationalen Anmeldung beim Eintritt in die nationale Phase

Der Anmelder wird darauf hingewiesen, daß bei Eintritt in die nationale Phase möglicherweise anstatt oder zusätzlich zu der Übersetzung der Ansprüche in der eingereichten Fassung eine Übersetzung der nach Artikel 19 geänderten Ansprüche an die bestimmten/ausgewählten Ämter zu übermitteln ist.

Nähere Einzelheiten über die Erfordernisse jedes bestimmten/ausgewählten Amtes sind Band II des PCT-Leitfadens für Anmelder zu entnehmen.

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 H01L29/737 H01L21/331

Nach der internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchiertes Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 H01L

~~Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen~~

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 41 02 888 A (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA) 1. August 1991 (1991-08-01) Abbildung 6	1,3,5,7, 9,10,13, 14
A	COMFORT J H ET AL: "SINGLE CRYSTAL EMITTER CAP FOR EPITAXIAL SI- AND SICE-BASE TRANSISTORS" PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL ELECTRON DEVICES MEETING,US,NEW YORK, IEEE, Bd. -, 1991, Seiten 91-857-91-860, XP000347370 ISBN: 0-7803-0243-5 das ganze Dokument	1,14
A	EP 0 551 185 A (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA) 14. Juli 1993 (1993-07-14) das ganze Dokument	1,14
	-/--	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

¹ Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Forschungsbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

*O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht.

* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

*) Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

* & * Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

13. April 2000

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts -

26/04/2000

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5618 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Baillet, B

Feld III

WORTLAUT DER ZUSAMMENFASSUNG (Fortsetzung von Punkt 5 auf Blatt 1)

Die Zusammenfassung ist geändert wie folgt:

Zeile 3: Nach "Cap-Schicht" ist "(116)" einzufügen

Zeile 8: Nach "Cap-Schicht" ist "(116)" einzufügen

Zeile 11: Nach "Cap-Schicht" ist "(116)" einzufügen und nach "Isolator" ist
"(117)" einzufügen.

Zeile 15: Nach "Cap-Schicht" ist "(116)" einzufügen.

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
04 A	EP 0 795 899 A (DAIMLER-BENZ AKTIENGESELLSCHAFT) 17. September 1997 (1997-09-17) das ganze Dokument	1,14
05 A	WO 98 26457 A (INSTITUT FÜR HALBLEITERPHYSIK FRANKFURT (ODER) GMBH) 18. Juni 1998 (1998-06-18) das ganze Dokument	11,12
06 A	GRUHLE A ET AL: "LOW 1/NOISE SIGE HBTS WITH APPLICATION TO LOW PHASE NOISE MICROWAVE OSCILLATORS" ELECTRONICS LETTERS,GB,IEE STEVENAGE, Bd. 33, Nr. 24, 1997, Seiten 2050-2052, XP000884013 ISSN: 0013-5194 in der Anmeldung erwähnt	
07 A	CHANTRE A ET AL: "A HIGH PERFORMANCE LOW COMPLEXITY SIGE HBT FOR BICMOS INTEGRATION" IEEE BIPOLAR/BICMOS CIRCUITS AND TECHNOLOGY MEETING,US,NEW YORK, NY: IEEE, 1998, Seiten 93-96, XP000877001 ISBN: 0-7803-4498-7 in der Anmeldung erwähnt	

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
DE 4102888	A	01-08-1991	JP	3225870 A	04-10-1991
			JP	4179235 A	25-06-1992
			US	5250448 A	05-10-1993
EP 551185	A	14-07-1993	JP	5182980 A	23-07-1993
EP 795899	A	17-09-1997	DE	19609933 A	18-09-1997
			CA	2191167 A	15-09-1997
			US	5821149 A	13-10-1998
WO 9826457	A	18-06-1998	DE	19652423 A	10-06-1998
			DE	19755979 A	10-06-1999
			EP	0954880 A	10-11-1999

Der Antrag ist bei der zuständigen mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde oder, wenn zu mehreren Behörden zuständig sind, bei der von Anmelder gewählten Behörde einzureichen. Der Anmelder kann den Namen oder den Zweibuchstaben-Code der Behörde auf der nachstehenden Zeile angeben.

IPEA/

PCT

KAPITEL II

ANTRAG AUF INTERNATIONALE VORLÄUFIGE PRÜFUNG

nach Artikel 31 des Vertrags über die internationale Zusammenarbeit auf dem Gebiet des Patentwesens:
Der (die) Unterzeichnete(n) beantragt (beantragen), daß für die nachstehend bezeichnete internationale Anmeldung die internationale vorläufige Prüfung nach dem Vertrag über die internationale Zusammenarbeit auf dem Gebiet des Patentwesens durchgeführt wird und benennt hiermit als ausgewählte Staaten alle auswählbaren Staaten (soweit nichts anderes angegeben).

Von der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde auszufüllen

Bezeichnung der IPEA	Eingangsdatum des ANTRAGS
----------------------	---------------------------

Feld Nr. I KENNZEICHNUNG DER INTERNATIONALEN ANMELDUNG		Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts IHP.169.PCT	
Internationales Aktenzeichen PCT/DE99/03961	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) 08/12/1999	(Frühester) Prioritätstag (Tag/Monat/Jahr) 14/12/1998	
Bezeichnung der Erfindung Bipolartransistor und Verfahren zu seiner Herstellung			
Feld Nr. II ANMELDER			
Name und Anschrift: (Familienname, Vorname; bei juristischen Personen vollständige amtliche Bezeichnung. Bei der Anschrift sind die Postleitzahl und der Name des Staats anzugeben.) Institut für Halbleiterphysik Frankfurt (Oder) GmbH Im Technologiepark 25 D-15236 Frankfurt (Oder) Deutschland		Telefonnr.: Telefaxnr.: Fernschreiber:	
Staatsangehörigkeit (Staat): Deutschland		Sitz oder Wohnsitz (Staat): Deutschland	
Name und Anschrift: (Familienname, Vorname; bei juristischen Personen vollständige amtliche Bezeichnung. Bei der Anschrift sind die Postleitzahl und der Name des Staats anzugeben.) Heinemann, Bernd, Dr. Schalmeienweg 29 D-15234 Frankfurt (Oder) Deutschland			
Staatsangehörigkeit (Staat): Deutschland		Sitz oder Wohnsitz (Staat): Deutschland	
Name und Anschrift: (Familienname, Vorname; bei juristischen Personen vollständige amtliche Bezeichnung. Bei der Anschrift sind die Postleitzahl und der Name des Staats anzugeben.) Ehwald, Karl-Ernst Pflaumenweg 17 D-15234 Frankfurt (Oder) Deutschland			
Staatsangehörigkeit (Staat): Deutschland		Sitz oder Wohnsitz (Staat): Deutschland	
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Anmelder sind auf einem Fortsetzungsblatt angegeben.			

Fortsetzung von Feld Nr. II ANMELDER

*Wird keines der folgenden Felder benutzt, so sollte dieses Blatt dem Antrag nicht beigelegt werden.*Name und Anschrift: *(Familienname, Vorname; bei juristischen Personen vollständige amtliche Bezeichnung. Bei der Anschrift sind die Postleitzahl und der Name des Staats anzugeben.)*Knoll, Dieter, Dr.
Uferstraße 7
D-15230 Frankfurt (Oder)
DeutschlandStaatsangehörigkeit (Staat):
DeutschlandSitz oder Wohnsitz (Staat):
DeutschlandName und Anschrift: *(Familienname, Vorname; bei juristischen Personen vollständige amtliche Bezeichnung. Bei der Anschrift sind die Postleitzahl und der Name des Staats anzugeben.)*

Staatsangehörigkeit (Staat):

Sitz oder Wohnsitz (Staat):

Name und Anschrift: *(Familienname, Vorname; bei juristischen Personen vollständige amtliche Bezeichnung. Bei der Anschrift sind die Postleitzahl und der Name des Staats anzugeben.)*

Staatsangehörigkeit (Staat):

Sitz oder Wohnsitz (Staat):

Name und Anschrift: *(Familienname, Vorname; bei juristischen Personen vollständige amtliche Bezeichnung. Bei der Anschrift sind die Postleitzahl und der Name des Staats anzugeben.)*

Staatsangehörigkeit (Staat):

Sitz oder Wohnsitz (Staat):

☐

Weitere Anmelder sind auf einem zusätzlichen Fortsetzungsblatt angegeben.

Feld Nr. III ANWALT ODER GEMEINSAMER VERTRETER; ODER ZUSTELLANSCHRIFT

Die folgende Person ist ☒ Anwalt ☐ gemeinsamer Vertreter
und ☒ ist vom (von den) Anmelder(n) bereits früher bestellt worden und vertritt ihn (sie) auch für die internationale vorläufige Prüfung.
☐ wird hiermit bestellt; eine etwaige frühere Bestellung eines Anwalts/gemeinsamen Vertreters wird hiermit widerrufen.
☐ wird hiermit zusätzlich zu dem bereits früher bestellten Anwalt/gemeinsamen Vertreter, nur für das Verfahren vor der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde bestellt.

Name und Anschrift: (Familienname, Vorname; bei juristischen Personen vollständige amtliche Bezeichnung. Bei der Anschrift sind die Postleitzahl und der Name des Staats anzugeben.)

Heltsch, Wolfgang
Europäischer Patentvertreter
Göhlisdorfer Straße 25 g
D-14478 Jeserig
Deutschland

Telefonnr.:

033207 / 51138

Telefaxnr.:

033207 / 32898

Fernschreibnr.:

☐ **Zustellanschrift:** Dieses Kästchen ist anzukreuzen, wenn kein Anwalt oder gemeinsamer Vertreter bestellt ist und statt dessen in obigen Feld eine spezielle Zustellanschrift angegeben wird.

Feld Nr. IV GRUNDLAGE DER INTERNATIONALEN VORLÄUFIGEN PRÜFUNG

Erklärung betreffend Änderungen: *

1. Der Anmelder wünscht, daß die internationale vorläufige Prüfung auf der Grundlage
 - ☐ der internationalen Anmeldung in der ursprünglich eingereichten Fassung der Beschreibung ☐ in der ursprünglich eingereichten Fassung ☐ unter Berücksichtigung der Änderungen nach Artikel 34
 - der Patentansprüche ☐ in der ursprünglich eingereichten Fassung ☐ unter Berücksichtigung der Änderungen nach Artikel 19 (ggf. zusammen mit Begleitschriften) ☐ unter Berücksichtigung der Änderungen nach Artikel 34
 - der Zeichnungen ☐ in der ursprünglich eingereichten Fassung ☐ unter Berücksichtigung der Änderungen nach Artikel 34
 aufgenommen wird.
 2. ☐ Der Anmelder wünscht, daß jegliche nach Artikel 19 eingereichte Änderung der Ansprüche als überholt angesehen wird.
 3. ☐ Der Anmelder wünscht, daß der Beginn der internationalen vorläufigen Prüfung bis zum Ablauf von 20 Monaten ab dem Prioritätsdatum aufgeschoben wird, sofern die mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragte Behörde nicht eine Kopie nach Artikel 19 vorgenommener Änderungen oder eine Erklärung des Anmelders erhält, daß er keine solchen Änderungen vornehmen will (Regel 69.1 Absatz d). (Dieses Kästchen darf nur angekreuzt werden, wenn die Frist nach Artikel 19 noch nicht abgelaufen ist.)
- * Wenn kein Kästchen angekreuzt wird, wird mit der internationalen vorläufigen Prüfung auf der Grundlage der internationalen Anmeldung in der ursprünglich eingereichten Fassung begonnen; wenn eine Kopie der Änderungen der Ansprüche nach Artikel 19 und/oder Änderungen der internationalen Anmeldung nach Artikel 34 bei der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde eingeht, bevor diese mit der Erstellung eines schriftlichen Bescheids oder des internationalen vorläufigen Prüfungsberichts begonnen hat, wird jedoch die geänderte Fassung verwendet.

Sprache für die Zwecke der internationalen vorläufigen Prüfung:deutsch.....
☒ dies ist die Sprache, in der die internationale Anmeldung eingereicht wurde.
☐ dies ist die Sprache der Übersetzung, die für die Zwecke der internationalen Recherche eingereicht wurde.
☐ dies ist die Sprache der Veröffentlichung der internationalen Anmeldung.
☐ dies ist die Sprache der Übersetzung, die für die Zwecke der internationalen vorläufigen Prüfung eingereicht wurde/wird.

Feld Nr. V BENENNUNG VON STAATEN ALS AUSGEWÄHLTE STAATEN

Der Anmelder benennt hiermit als ausgewählte Staaten alle auswählbaren Staaten (das heißt, alle Staaten, die bestimmt wurden und durch Kapitel II gebunden sind) mit Ausnahme der folgenden Staaten, die der Anmelder nicht benennen möchte:

Feld Nr. VI KONTROLLISTE

Dem Antrag liegen folgende Unterlagen für die Zwecke der internationalen vorläufigen Prüfung in der in Feld Nr. IV angegebenen Sprache bei:

- | | | |
|--|---|---------|
| 1. Übersetzung der internationalen Anmeldung | : | Blätter |
| 2. Änderungen nach Artikel 34 | : | Blätter |
| 3. Kopie (oder, falls erforderlich, Übersetzung) der Änderungen nach Artikel 19 | : | Blätter |
| 4. Kopie (oder, falls erforderlich, Übersetzung) einer Erklärung nach Artikel 19 | : | Blätter |
| 5. Begleitschreiben | : | Blätter |
| 6. Sonstige (einzeln auflisten) | : | Blätter |

Von der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde auszufüllen

erhalten nicht erhalten

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Dem Antrag liegen außerdem die nachstehend angekreuzten Unterlagen bei:

- | | |
|--|---|
| 1. <input checked="" type="checkbox"/> Blatt für die Gebührenberechnung | 4. <input type="checkbox"/> Begründung für das Fehlen einer Unterschrift |
| 2. <input type="checkbox"/> unterzeichnete gesonderte Vollmacht | 5. <input type="checkbox"/> Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenzprotokoll in computerisierbarer Form |
| 3. <input type="checkbox"/> Kopie der allgemeinen Vollmacht; Aktenzeichen (falls vorhanden): | 6. <input type="checkbox"/> sonstige (einzeln auflisten): |

Feld Nr. VII UNTERSCHRIFT DES ANMELDERS, ANWALTS ODER GEMEINSAMEN VERTRETERS

Der Name jeder unterzeichnenden Person ist neben der Unterschrift zu wiederholen, und es ist anzugeben, sofern sich dies nicht aus dem Antrag ergibt, in welcher Eigenschaft die Person unterzeichnet.



Heitsch, Wolfgang

16. Juni 2000

Von der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde auszufüllen

1. Datum des tatsächlichen Eingangs des ANTRAGS:

2. Geändertes Eingangsdatum des Antrags aufgrund von BERICHTIGUNGEN nach Regel 60.1 Absatz b:

3. ☐ Eingangsdatum des Antrags NACH Ablauf von 19 Monaten ab Prioritätsdatum; Punkt 4 und Punkt 5, unten, finden keine Anwendung. ☐ Der Anmelder wurde entsprechend unterrichtet4. ☐ Eingangsdatum des Antrags INNERHALB 19 Monate ab Prioritätsdatum wegen Fristverlängerung nach Regel 80.5.5. ☐ Das Eingangsdatum des Antrags liegt nach Ablauf von 19 Monaten ab Prioritätsdatum, der verspätete Eingang ist aber nach Regel 82 ENTSCHULDIGT.

Vom Internationalen Büro auszufüllen

Antrag vom IPEA erhalten am:

BEZIRK DES PATENTWESIS

Absender: MIT DER INTERNATIONALEN VORLÄUFIGEN
PRÜFUNG BEAUFTRAGTE BEHÖRDE

PCT

An:

Heitsch, Wolfgang
Europäischer Patentvertreter
Göhlisdorfer Strasse 25g
14778 Jeserig
ALLEMAGNE

Eingegangen

09. SEP. 2000

Patentanwalt
W. Heitsch

SCHRIFTLICHER BESCHEID
(Regel 66 PCT)

*6e.
Tut. → Pvi*

Absendedatum
(Tag/Monat/Jahr)

08.09.2000

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts

IHP.169.PCT

ANTWORT FÄLLIG innerhalb von **3 Monat(en)**
ab obigem Absendedatum

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE99/03961

Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr)

08/12/1999

Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr)

14/12/1998

Internationale Patentklassifikation (IPK) oder nationale Klassifikation und IPK

H01L29/737

Anmelder

INSTITUT FÜR HALBLEITERPHYSIK FRA... et al.

1. Dieser Bescheid ist der erste schriftliche Bescheid der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragte Behörde

2. Dieser Bescheid enthält Angaben zu folgenden Punkten:

- I ☒ Grundlage des Bescheides
- II ☐ Priorität
- III ☒ Keine Erstellung eines Gutachtens über Neuheit, erfinderische Tätigkeit und gewerbliche Anwendbarkeit
- IV ☐ Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung
- V ☒ Begründete Feststellung nach Regel 66.2(a)(ii) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung
- VI ☐ Bestimmte angeführte Unterlagen
- VII ☒ Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung
- VIII ☒ Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung

3. Der Anmelder wird aufgefordert, zu diesem Bescheid Stellung zu nehmen

Wann? Siehe oben genannte Frist. Der Anmelder kann vor Ablauf dieser Frist bei der Behörde eine Verlängerung beantragen, siehe Regel 66.2 d).


Wie? Durch Einreichung einer schriftlichen Stellungnahme und gegebenenfalls von Änderungen nach Regel 66.3. Zu Form und Sprache der Änderungen, siehe Regeln 66.8 und 66.9.

Dazu: Hinsichtlich einer zusätzlichen Möglichkeit zur Einreichung von Änderungen, siehe Regel 66.4. Hinsichtlich der Verpflichtung des Prüfers, Änderungen und/oder Gegenvorstellungen zu berücksichtigen, siehe Regel 66.4 bis. Hinsichtlich einer formlosen Erörterung mit dem Prüfer, siehe Regel 66.6.

Wird keine Stellungnahme eingereicht, so wird der internationale vorläufige Prüfungsbericht auf der Grundlage dieses Bescheides erstellt.

4. Der Tag, an dem der internationale vorläufige Prüfungsbericht gemäß Regel 69.2 spätestens erstellt sein muß, ist der: 14/04/2001.

Name und Postanschrift der mit der internationalen Prüfung beauftragte Behörde:

 Europäisches Patentamt
D-80298 München
Tel. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu d
Fax: +49 89 2399 - 4465

Bevollmächtigter Bediensteter / Prüfer

Madenach, A

Formalsachbearbeiter (einschl. Fristverlängerung)
Hopwood, S
Tel. +49 89 2399 2429



I. Grundlage des Bescheids

1. Dieser Bescheid wurde erstellt auf der Grundlage (*Ersatzblätter, die dem Anmeldeamt auf eine Aufforderung nach Artikel 14 hin vorgelegt wurden, gelten im Rahmen dieses Bescheids als "ursprünglich eingereicht".*):

Beschreibung, Seiten:

1-10 ursprüngliche Fassung

Patentansprüche, Nr.:

1-18 ursprüngliche Fassung

Zeichnungen, Blätter:

1-5 ursprüngliche Fassung

2. Aufgrund der Änderungen sind folgende Unterlagen fortgefallen:

☐ Beschreibung, Seiten:

☐ Ansprüche, Nr.:

☐ Zeichnungen, Blatt:

3. Dieser Bescheid ist ohne Berücksichtigung (von einigen) der Änderungen erstellt worden, da diese aus den angegebenen Gründen nach Auffassung der Behörde über den Offenbarungsgehalt in der ursprünglich eingereichten Fassung hinausgehen (Regel 70.2(c)):

4. Etwaige zusätzliche Bemerkungen:

III. Keine Erstellung eines Gutachtens über Neuheit, erfinderische Tätigkeit und gewerbliche Anwendbarkeit

Folgende Teile der Anmeldung wurden und werden nicht daraufhin geprüft, ob die beanspruchte Erfindung als neu, auf erfinderischer Tätigkeit beruhend (nicht offensichtlich) und gewerblich anwendbar anzusehen ist:

☐ die gesamte internationale Anmeldung,

☒ Ansprüche Nr. 2-4, 15-17.

Begründung:

☐ Die gesamte internationale Anmeldung, bzw. die obengenannten Ansprüche Nr. beziehen sich auf den nachstehenden Gegenstand, für den keine internationale vorläufige Prüfung durchgeführt werden braucht (*genaue Angaben*):

- ☒ Die Beschreibung, die Ansprüche oder die Zeichnungen (*machen Sie bitte nachstehend genaue Angaben*) oder die obengenannten Ansprüche Nr. 2-4, 15-17 sind so unklar, daß kein sinnvolles Gutachten erstellt werden konnte (*genaue Angaben*):

siehe Beiblatt

- ☐ Die Ansprüche bzw. die obengenannten Ansprüche Nr. sind so unzureichend durch die Beschreibung gestützt, daß kein sinnvolles Gutachten erstellt werden konnte.
- ☐ Für die obengenannten Ansprüche Nr. wurde kein internationaler Recherchenbericht erstellt.

V. Begründete Feststellung nach Regel 66.2(a)(ii) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung

1. Feststellung

Neuheit (N)	Ansprüche	1,9,10,14:nein
Erfinderische Tätigkeit (IS)	Ansprüche	5-8,11-13,18:nein
Gewerbliche Anwendbarkeit (IA)	Ansprüche	1-18:ja

2. Unterlagen und Erklärungen:

siehe Beiblatt

VII. Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung

Es wurde festgestellt, daß die internationale Anmeldung nach Form oder Inhalt folgende Mängel aufweist:

siehe Beiblatt

VIII. Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung

Zur Klarheit der Patentansprüche, der Beschreibung und der Zeichnungen oder zu der Frage, ob die Ansprüche in vollem Umfang durch die Beschreibung gestützt werden, ist folgendes zu bemerken:

siehe Beiblatt

Die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich auf die im Deckblatt angeführten Punkte II-VIII, sofern sie angekreuzt sind:

1. Es wird auf die folgenden Dokumente verwiesen:

- D1: EP-A-0 795 899 (DAIMLER-BENZ AKTIENGESELLSCHAFT) 17. September 1997 (1997-09-17)
- D2: COMFORT J H ET AL: 'SINGLE CRYSTAL EMITTER CAP FOR EPITAXIAL SI- AND SIGE-BASE TRANSISTORS' PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL ELECTRON DEVICES MEETING, US, NEW YORK, IEEE, Bd. -, 1991, Seiten 91-857-91-860, XP000347370 ISBN: 0-7803-0243-5
- D3: DE 41 02 888 A (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA) 1. August 1991 (1991-08-01)
- D4: EP-A-0 551 185 (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA) 14. Juli 1993 (1993-07-14)
- D5: WO 98 26457 A (INSTITUT FÜR HALBLEITERPHYSIK FRANKFURT (ODER) GMBH) 18. Juni 1998 (1998-06-18)

2. Die vorliegende Anmeldung erfüllt nicht die Erfordernisse von Artikel 33(2) PCT, da der Gegenstand der Ansprüche **1, 9, 10, 14** nicht neu ist.

2.1 D1 (siehe Fig. 1a-1e) zeigt ein Verfahren zur Herstellung eines Bipolartransistors, bei dem auf einer einkristallinen Substratschicht (1) strukturierte Gebiete bestehend aus einem Kollektorbereich (3) sowie diesen umgebende Isolationsgebiete (6) erzeugt werden, über dem Kollektorbereich (3) eine Basisschicht (4a) und mittels Epitaxie eine Cap-Schicht (5a) hergestellt werden, über der Cap-Schicht (5a) eine Isolationsschicht (7, 8) abgeschieden und diese im Bereich des wirksamen Emittergebiets geöffnet wird, über der geöffneten Isolationsschicht eine Poly- oder α -Si-Schicht (14) abgeschieden, strukturiert und als Emitter-Dotierstoffquelle und Kontaktschicht genutzt wird, dadurch gekennzeichnet, daß ein Dotierungsprofil in die Cap-Schicht (5a) eingebracht wird, welches basisseitig schwach und emitterseitig höher dotiert ist.

2.2 Der kennzeichnende Teil ergibt sich implizit in D1 aufgrund des Kurzzeitausheilschritts zur Emitterdiffusion (siehe in D1 den Absatz, der die Spalten 3 und 4 verbindet). Ein solcher Kurzzeitausheilschritt führt zwangsläufig

zu einem Dotierungsprofil in der Cap-Schicht, wie es im kennzeichnenden Teil angegeben ist. Dies wird in D2 verdeutlicht. D2 zeigt eine im wesentlichen mit der aus D1 bekannten identische Vorrichtung, ist jedoch als Stand der Technik für den Anspruch 1 nicht ausführlich genug. Fig. 3 von D2 den Einfluß eines Kurzzeitausheilschritts auf das Dotierstoffprofil der Cap-Schicht. Die Problematik entsteht dadurch, daß es keine klare Trennung zwischen Cap-Schicht und dem aus der Emitter-Dotierstoffquelle ausdiffundierten Emitterbereich gibt.

- 2.3 Hinsichtlich des Verfahrens nach Anspruch 1 könnte diese Problematik der fehlenden Trennung zwischen Cap-Schicht und dem ausdiffundierten Emitterbereich dadurch überwunden werden, daß das Dotierungsprofil für die Cap-Schicht das Dotierungsprofil vor dem Abscheiden weiterer Schichten ist (jetzige Ansprüche 6, 7 und eine Variante davon in Anspruch 8). Solche Verfahren sind wenigstens neu. Jedoch scheint zumindest die Variante nach Anspruch 6 nicht erfinderisch gegenüber einer Kombination von D1 und D2 zu sein, wie weiter unten unter 3 ausgeführt ist.
- 2.4 Weiterhin sei erwähnt, daß diese Problematik der fehlenden Trennung zwischen Cap-Schicht und dem ausdiffundierten Emitterbereich nur dann auftritt, wenn die Cap-Schicht denselben Leitfähigkeitstyp wie der Emitter aufweist. Ein solches Verfahren und die entsprechende Vorrichtung sind wenigstens neu.
- 2.5 Die weiteren Merkmale der Ansprüche 9, 10 sind aus D1 bekannt.
- 2.6 Die gleichen Argumente wie unter 2.1 und 2.2 gelten natürlich auch für die Vorrichtung nach Anspruch 14. Hier gibt es auch nicht die Möglichkeit, das Dotierungsprofil der Cap-Schicht vor dem Abscheiden weiterer Schichten zu beanspruchen.
3. Die Anmeldung erfüllt nicht die Erfordernisse von Artikel 33(3) PCT, da der Gegenstand der Ansprüche **5-8, 11-13, 18** nicht auf einer erfinderischen Tätigkeit beruht.
 - 3.1 Der weitere Gegenstand des Anspruchs 6 unterscheidet sich von dem aus D1 bekannten Verfahren, daß das Dotierungsprofil der Cap-Schicht durch

Implantation eingebracht wird. Nach D1 entsteht (implizit entsprechend D2, siehe 2.2) das Dotierungsprofil durch Ausdiffusion aus der Emitter-Dotierstoffquelle. Die Cap-Schicht als solche wird mit konstanter Dotierung aufgebracht und erhält vor der Ausdiffusion kein Dotierungsprofil. Nun scheint jedoch die konstante Dotierung der Cap-Schicht nur nominal konstant zu sein. Das ist auch insbesondere bei einer Dotierung durch Implantation nicht anders zu erwarten, da sich bei einer Implantation immer ein gewisses Profil ausbildet. Dazu betrachte man das SIMS-Profil in Fig. 4 von D2, die den Zustand vor den Ausheilschritten ("initial") zeigt. D2 legt nun nahe, das nominell konstante Dotierungsprofil für die Cap-Schicht (siehe Fig. 2 von D2) tatsächlich zur Basis hin leicht abfallend zu gestalten, so wie es beansprucht ist.

- 3.2 Beim weiteren Gegenstand der Ansprüche 7 und 8 handelt es sich nach hiesiger Ansicht lediglich um bekannte Alternativen zur Dotierung durch Implantation.
- 3.3 Der weitere Gegenstand des Anspruchs 5 unterscheidet sich von dem aus D1 bekannten Verfahren dadurch, daß die Cap-Schicht denselben Leitfähigkeitstyp besitzt wie die Basis und emitterseitig eine gegebene Dotierstoffkonzentration nicht überschreitet. Transistoren mit einer Cap-Schicht mit demselben Leitfähigkeitstyp wie die Basis sind aus D4 bekannt. Ein Dotierstoffprofil für die Cap-Schicht nach dem kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 ist naheliegend nach dem unter 3.1 gesagten. Die gegebene Obergrenze von $5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ für die Dotierstoffkonzentration liegt unter Berücksichtigung des nominellen Werts für eine konstante Dotierstoffkonzentration von $1 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ in Spalte 6, Z. 29 in D4 im Rahmen des üblichen. Das gleiche Argument gilt auch für den entsprechenden Vorrichtungsanspruch 18.
- 3.4 Die weiteren Merkmale der Ansprüche 11 und 12 sind aus D5 bekannt.
- 3.5 Die weiteren Merkmale des Anspruchs 13 sind aus D2 bekannt (siehe Fig. 2 von D2).
4. Die Anmeldung erfüllt nicht die Erfordernisse von Artikel 6 PCT, da die Ansprüche 2-4, 15-17 nicht klar sind.

Da es keine klare Abgrenzung der einzelnen Bereiche innerhalb der Cap-Schicht und zum Emitter gibt, läßt sich kein Vergleich zwischen dem Gegenstand dieser Ansprüche und dem Stand der Technik durchführen.

5. Im Widerspruch zu den Erfordernissen der Regel 5.1 a) ii) PCT werden in der Beschreibung weder der in den Dokumenten **D1-D4** offenbarte einschlägige Stand der Technik noch diese Dokumente angegeben. Entsprechend den Erfordernissen der Regel 6.3b) PCT) ist eine korrekte Anwendung der zweiteiligen Form hinsichtlich des nächstliegenden dieser Dokument erforderlich.

PCT

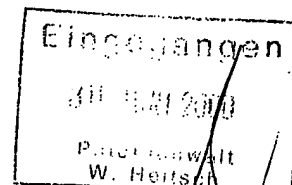
NOTICE INFORMING THE APPLICANT OF THE COMMUNICATION OF THE INTERNATIONAL APPLICATION TO THE DESIGNATED OFFICES

(PCT Rule 47.1(c), first sentence)

From the INTERNATIONAL BUREAU

To:

HEITSCH, Wolfgang
Göhlsdorfer Strasse 25g
D-14778 Jeserig
ALLEMAGNE



Date of mailing (day/month/year) 22 June 2000 (22.06.00)		
Applicant's or agent's file reference IHP.169.PCT		IMPORTANT NOTICE
International application No. PCT/DE99/03961	International filing date (day/month/year) 08 December 1999 (08.12.99)	
Applicant INSTITUT FÜR HALBLEITERPHYSIK FRANKFURT (ODER) GMBH et al		

1. Notice is hereby given that the International Bureau has communicated, as provided in Article 20, the international application to the following designated Offices on the date indicated above as the date of mailing of this Notice:
JP,US

In accordance with Rule 47.1(c), third sentence, those Offices will accept the present Notice as conclusive evidence that the communication of the international application has duly taken place on the date of mailing indicated above and no copy of the international application is required to be furnished by the applicant to the designated Office(s).

2. The following designated Offices have waived the requirement for such a communication at this time:
EP

The communication will be made to those Offices only upon their request. Furthermore, those Offices do not require the applicant to furnish a copy of the international application (Rule 49.1(a-bis)).

3. Enclosed with this Notice is a copy of the international application as published by the International Bureau on
22 June 2000 (22.06.00) under No. WO 00/36653

REMINDER REGARDING CHAPTER II (Article 31(2)(a) and Rule 54.2)

If the applicant wishes to postpone entry into the national phase until 30 months (or later in some Offices) from the priority date, a demand for international preliminary examination must be filed with the competent International Preliminary Examining Authority before the expiration of 19 months from the priority date.

It is the applicant's sole responsibility to monitor the 19-month time limit.

Note that only an applicant who is a national or resident of a PCT Contracting State which is bound by Chapter II has the right to file a demand for international preliminary examination.

REMINDER REGARDING ENTRY INTO THE NATIONAL PHASE (Article 22 or 39(1))

If the applicant wishes to proceed with the international application in the national phase, he must, within 20 months or 30 months, or later in some Offices, perform the acts referred to therein before each designated or elected Office.

For further important information on the time limits and acts to be performed for entering the national phase, see the Annex to Form PCT/IB/301 (Notification of Receipt of Record Copy) and Volume II of the PCT Applicant's Guide.

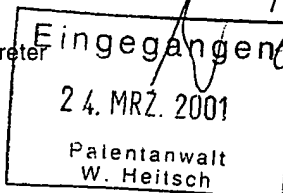
The International Bureau of WIPO 34, chemin des Colombettes 1211 Geneva 20, Switzerland	Authorized officer J. Zahra
Facsimile No. (41-22) 740.14.35	Telephone No. (41-22) 338.83.38

**NOTICE INFORMING THE APPLICANT OF THE COMMUNICATION OF
THE INTERNATIONAL APPLICATION TO THE DESIGNATED OFFICES**

Date of mailing (day/month/year) 22 June 2000 (22.06.00)	IMPORTANT NOTICE
Applicant's or agent's file reference IHP.169.PCT	International application No. PCT/DE99/03961
<p>The applicant is hereby notified that, at the time of establishment of this Notice, the time limit under Rule 46.1 for making amendments under Article 19 has not yet expired and the International Bureau had received neither such amendments nor a declaration that the applicant does not wish to make amendments.</p>	

An:

Heitsch, Wolfgang
Europäischer Patentvertreter
Göhlsdorfer Strasse 25g
14778 Jeserig
ALLEMAGNE



PCT

MITTEILUNG ÜBER DIE ÜBERSENDUNG
DES INTERNATIONALEN VORLÄUFIGEN
PRÜFUNGSBERICHTS
(Regel 71.1 PCT)

Absendedatum
(Tag/Monat/Jahr) 23.03.2001

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts
IHP.169.PCT

WICHTIGE MITTEILUNG

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE99/03961

Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr)
08/12/1999

Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr)
14/12/1998

Anmelder
INSTITUT FÜR HALBLEITERPHYSIK FRA... et al.

1. Dem Anmelder wird mitgeteilt, daß ihm die mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragte Behörde hiermit den zu der internationalen Anmeldung erstellten internationalen vorläufigen Prüfungsbericht, gegebenenfalls mit den dazugehörigen Anlagen, übermittelt.
2. Eine Kopie des Berichts wird - gegebenenfalls mit den dazugehörigen Anlagen - dem Internationalen Büro zur Weiterleitung an alle ausgewählten Ämter übermittelt.
3. Auf Wunsch eines ausgewählten Amtes wird das Internationale Büro eine Übersetzung des Berichts (jedoch nicht der Anlagen) ins Englische anfertigen und diesem Amt übermitteln.


4. ERINNERUNG

Zum Eintritt in die nationale Phase hat der Anmelder vor jedem ausgewählten Amt innerhalb von 30 Monaten ab dem Prioritätsdatum (oder in manchen Ämtern noch später) bestimmte Handlungen (Einreichung von Übersetzungen und Entrichtung nationaler Gebühren) vorzunehmen (Artikel 39 (1)) (siehe auch die durch das Internationale Büro im Formblatt PCT/IB/301 übermittelte Information).

Ist einem ausgewählten Amt eine Übersetzung der internationalen Anmeldung zu übermitteln, so muß diese Übersetzung auch Übersetzungen aller Anlagen zum internationalen vorläufigen Prüfungsbericht enthalten. Es ist Aufgabe des Anmelders, solche Übersetzungen anzufertigen und den betroffenen ausgewählten Ämtern direkt zuzuleiten.

Weitere Einzelheiten zu den maßgebenden Fristen und Erfordernissen der ausgewählten Ämter sind Band II des PCT-Leitfadens für Anmelder zu entnehmen.

Name und Postanschrift der mit der internationalen Prüfung beauftragten Behörde

 Europäisches Patentamt
D-80298 München
Tel. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu d
Fax: +49 89 2399 - 4465

Bevollmächtigter Bediensteter

Hopwood, S


Tel: +49 89 2399-2429



PCT

INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT

(Artikel 36 und Regel 70 PCT)

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts IHP.169.PCT		WEITERES VORGEHEN siehe Mitteilung über die Übersendung des internationalen vorläufigen Prüfungsberichts (Formblatt PCT/IPEA/416)	
Internationales Aktenzeichen PCT/DE99/03961	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) 08/12/1999	Prioritätsdatum (Tag/Monat/Tag) 14/12/1998	
Internationale Patentklassifikation (IPK) oder nationale Klassifikation und IPK H01L29/737			
Anmelder INSTITUT FÜR HALBLEITERPHYSIK FRA... et al.			
<p>1. Dieser internationale vorläufige Prüfungsbericht wurde von der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 36 übermittelt.</p> <p>2. Dieser BERICHT umfaßt insgesamt 6 Blätter einschließlich dieses Deckblatts.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Außerdem liegen dem Bericht ANLAGEN bei; dabei handelt es sich um Blätter mit Beschreibungen, Ansprüchen und/oder Zeichnungen, die geändert wurden und diesem Bericht zugrunde liegen, und/oder Blätter mit vor dieser Behörde vorgenommenen Berichtigungen (siehe Regel 70.16 und Abschnitt 607 der Verwaltungsrichtlinien zum PCT).</p> <p>Diese Anlagen umfassen insgesamt 14 Blätter.</p>			
<p>3. Dieser Bericht enthält Angaben zu folgenden Punkten:</p> <ul style="list-style-type: none"> I <input checked="" type="checkbox"/> Grundlage des Berichts II <input type="checkbox"/> Priorität III <input type="checkbox"/> Keine Erstellung eines Gutachtens über Neuheit, erfinderische Tätigkeit und gewerbliche Anwendbarkeit IV <input type="checkbox"/> Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung V <input checked="" type="checkbox"/> Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung VI <input type="checkbox"/> Bestimmte angeführte Unterlagen VII <input checked="" type="checkbox"/> Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung VIII <input checked="" type="checkbox"/> Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung 			
Datum der Einreichung des Antrags 17/06/2000		Datum der Fertigstellung dieses Berichts 23.03.2001	
Name und Postanschrift der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde:  Europäisches Patentamt D-80298 München Tel. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu-d Fax: +49 89 2399 - 4465		Bevollmächtigter Bediensteter Madenach, A Tel. Nr. +49 89 2399 2832	



I. Grundlage des Berichts

1. Dieser Bericht wurde erstellt auf der Grundlage (*Ersatzblätter, die dem Anmeldeamt auf eine Aufforderung nach Artikel 14 hin vorgelegt wurden, gelten im Rahmen dieses Berichts als "ursprünglich eingereicht" und sind ihm nicht beigelegt, weil sie keine Änderungen enthalten.*):

Beschreibung, Seiten:

1-11 eingegangen am 18/11/2000 mit Schreiben vom 15/11/2000

Patentansprüche, Nr.:

1-11 eingegangen am 18/11/2000 mit Schreiben vom 15/11/2000

Zeichnungen, Blätter:

1-5 ursprüngliche Fassung

2. Hinsichtlich der **Sprache**: Alle vorstehend genannten Bestandteile standen der Behörde in der Sprache, in der die internationale Anmeldung eingereicht worden ist, zur Verfügung oder wurden in dieser eingereicht, sofern unter diesem Punkt nichts anderes angegeben ist.

Die Bestandteile standen der Behörde in der Sprache: zur Verfügung bzw. wurden in dieser Sprache eingereicht; dabei handelt es sich um

- ☐ die Sprache der Übersetzung, die für die Zwecke der internationalen Recherche eingereicht worden ist (nach Regel 23.1(b)).
 - ☐ die Veröffentlichungssprache der internationalen Anmeldung (nach Regel 48.3(b)).
 - ☐ die Sprache der Übersetzung, die für die Zwecke der internationalen vorläufigen Prüfung eingereicht worden ist (nach Regel 55.2 und/oder 55.3).
3. Hinsichtlich der in der internationalen Anmeldung offenbarten **Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz** ist die internationale vorläufige Prüfung auf der Grundlage des Sequenzprotokolls durchgeführt worden, das:
- ☐ in der internationalen Anmeldung in schriftlicher Form enthalten ist.
 - ☐ zusammen mit der internationalen Anmeldung in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.
 - ☐ bei der Behörde nachträglich in schriftlicher Form eingereicht worden ist.
 - ☐ bei der Behörde nachträglich in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.
 - ☐ Die Erklärung, daß das nachträglich eingereichte schriftliche Sequenzprotokoll nicht über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung im Anmeldezeitpunkt hinausgeht, wurde vorgelegt.
 - ☐ Die Erklärung, daß die in computerlesbarer Form erfassten Informationen dem schriftlichen Sequenzprotokoll entsprechen, wurde vorgelegt.

4. Aufgrund der Änderungen sind folgende Unterlagen fortgefallen:

- ☐ Beschreibung, Seiten:
☐ Ansprüche, Nr.:
☐ Zeichnungen, Blatt:

5. ☐ Dieser Bericht ist ohne Berücksichtigung (von einigen) der Änderungen erstellt worden, da diese aus den angegebenen Gründen nach Auffassung der Behörde über den Offenbarungsgehalt in der ursprünglich eingereichten Fassung hinausgehen (Regel 70.2(c)).

(Auf Ersatzblätter, die solche Änderungen enthalten, ist unter Punkt 1 hinzuweisen; sie sind diesem Bericht beizufügen).

6. Etwaige zusätzliche Bemerkungen:

V. Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung

1. Feststellung

Neuheit (N)	Ja: Ansprüche 1-11 Nein: Ansprüche
Erfinderische Tätigkeit (ET)	Ja: Ansprüche 1-11 Nein: Ansprüche
Gewerbliche Anwendbarkeit (GA)	Ja: Ansprüche 1-11 Nein: Ansprüche

2. Unterlagen und Erklärungen
siehe Beiblatt

VII. Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung

Es wurde festgestellt, daß die internationale Anmeldung nach Form oder Inhalt folgende Mängel aufweist:
siehe Beiblatt

VIII. Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung

Zur Klarheit der Patentansprüche, der Beschreibung und der Zeichnungen oder zu der Frage, ob die Ansprüche in vollem Umfang durch die Beschreibung gestützt werden, ist folgendes zu bemerken:
siehe Beiblatt

Die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich auf die im Deckblatt angeführten Punkte II-VIII, sofern sie angekreuzt sind:

1. Es wird auf die folgenden Dokumente verwiesen:

D1: EP-A-0 795 899 (DAIMLER-BENZ AKTIENGESellschaft) 17. September 1997 (1997-09-17)

D2: COMFORT J H ET AL: 'SINGLE CRYSTAL EMITTER CAP FOR EPITAXIAL SI- AND SIGE-BASE TRANSISTORS' PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL ELECTRON DEVICES MEETING, US, NEW YORK, IEEE, Bd. -, 1991, Seiten 91-857-91-860, XP000347370 ISBN: 0-7803-0243-5

D3: DE 41 02 888 A (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA) 1. August 1991 (1991-08-01)

D4: EP-A-0 551 185 (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA) 14. Juli 1993 (1993-07-14)

D5: WO 98 26457 A (INSTITUT FÜR HALBLEITERPHYSIK FRANKFURT (ODER) GMBH) 18. Juni 1998 (1998-06-18)

2. Die mit Schreiben vom 15.11.00 eingereichten Änderungen bringen Sachverhalte ein, die im Widerspruch zu Artikel 34 (2) b) PCT über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung im Anmeldezeitpunkt hinausgehen. Es handelt sich dabei um folgende Änderungen:

Die in den Ansprüchen 3 und 10 beanspruchte minimale Schichtdicke für die Cap-Schicht wurde ursprünglich nur in Verbindung mit einer maximalen Dotierstoffkonzentration von $5 \times 10^{16}/\text{cm}^3$ offenbart (siehe die ursprünglichen Ansprüche 4, 16 und S. 7, Z. 17-19 der Beschreibung).

3. Die vorliegende Anmeldung erfüllt die Erfordernisse von Artikel 33(2) und 33(3) PCT, da der Gegenstand der Ansprüche 1-11 neu und erfinderisch ist.

- 3.1 D1 (siehe Fig. 1a-1e) als nächstliegender Stand der Technik für das Verfahren nach Anspruch 1 zeigt ein Verfahren zur Herstellung eines Bipolartransistors, bei dem auf einer einkristallinen Substratschicht (1) strukturierte Gebiete bestehend aus einem Kollektorbereich (3) sowie diesen umgebende Isolationsgebiete (6) erzeugt werden, über dem Kollektorbereich (3) eine Basisschicht (4a) und mittels

Epitaxie eine Cap-Schicht (5a) hergestellt werden, über der Cap-Schicht (5a) eine Isolationsschicht (7, 8) abgeschieden und diese im Bereich des wirksamen Emittergebiets geöffnet wird, über der geöffneten Isolationsschicht eine Poly- oder α -Si-Schicht (14) abgeschieden, strukturiert und als Emitter-Dotierstoffquelle und Kontaktschicht genutzt wird, wobei ein Dotierungsprofil in die Cap-Schicht (5a) eingebracht wird, welches basisseitig schwach und emitterseitig höher dotiert ist.

- 3.2 Das letztere Merkmal ergibt sich implizit in D1 aufgrund des Kurzeitausheilschritts zur Emitterdiffusion (siehe in D1 den Absatz, der die Spalten 3 und 4 verbindet). Ein solcher Kurzeitausheilschritt führt zwangsläufig zu einem Dotierungsprofil in der Cap-Schicht, wie es im kennzeichnenden Teil angegeben ist. Dies wird in D2 verdeutlicht. D2 zeigt eine im wesentlichen mit der aus D1 bekannten identische Vorrichtung, ist jedoch als Stand der Technik für den Anspruch 1 nicht ausführlich genug. Fig. 3 von D2 den Einfluß eines Kurzeitausheilschritts auf das Dotierstoffprofil der Cap-Schicht.
- 3.3 Aus D1 ist jedoch nicht bekannt, daß das Dotierungsprofil in der Cap-Schicht vor der Emitterdiffusion erzeugt wird.
- 3.4 Aus dem Merkmal, daß das Dotierungsprofil in der Cap-Schicht vor der Emitterdiffusion erzeugt wird, folgt, daß das Dotierungsprofil ganzflächig, also auch im Überlappungsbereich, der als Gebiet zwischen dem Rand des Emitterfensters und der äußeren Begrenzung der strukturierten Poly- oder α -Siliziumschicht definiert ist, existiert. Dieses Merkmal ersetzt im Vorrichtungsanspruch 8 das unterscheidende Merkmal des Verfahrensanspruchs 1 im Vergleich mit D1.
- 3.5 In D1 entsteht ein Dotierungsprofil lediglich indirekt durch die Emitterdiffusion, und das natürlich auch nur im Emitterfenster und auch nur nach der Emitterdiffusion.
- 3.6 Durch den Unterschied nach 3.3 und 3.4 wird einerseits eine optimale Reduktion der Basis-Emitter-Kapazität erreicht und andererseits einer Verarmung im Überlappungsbereich (siehe Definition unter 3.4) verhindert.
- 3.7 Keines der im Recherchenbericht genannten Dokumente legt eine solche

Vorgehensweise nahe.

4. Es bestehen einige Klarheitmängel (Art. 6) redaktioneller Natur:
 - 4.1 Die Vorrichtung in Anspruch 8 sollte Vorzugsweise nicht mittels Verfahrensschritten sondern durch positive Vorrichtungsmerkmale definiert werden.
 - 4.1 Das Bezugszeichen 112 in Zeile 23 des Anspruchs 8 sollte 117 sein.
 - 4.2 In Zeile 22 des Anspruchs 8 und Zeile 11 des Anspruchs 1 sollte nach "dazwischen liegen kann" bzw. "abgeschieden werden kann" ein Komma stehen.
 - 4.3 In Zeile 1 auf Seite 14 des Anspruchs 8 muß es richtig "abgeschieden" heißen.

Bipolartransistor und Verfahren zu seiner Herstellung

Die Erfindung betrifft einen Bipolartransistor und ein Verfahren zu seiner Herstellung.

5

Die Realisierung von epitaktisch hergestellten Silizium-Germanium-Heterobipolartransistoren (SiGe-HBT) sowie die kostensparende Vereinfachung der technologischen Prozesse gaben in jüngerer Zeit neue Impulse für die Weiterentwicklung von Si-Bipolartransistoren. Einen attraktiven Weg eröffnet in dieser Hinsicht die Verbindung einer epitaktisch erzeugten Basis mit den prozeßvereinfachenden Möglichkeiten einer Einzel-Polysilizium-Technologie.

Im Vergleich zu konventionell per Implantation oder Eindiffusion eingebrachten Basisprofilen können mit Hilfe epitaktisch hergestellter Silizium-Germanium-Basissschichten gleichzeitig kleinere Basisweiten und -schichtwiderstände erzeugt werden, ohne daß unbrauchbar kleine Stromverstärkungen oder hohe Leckströme in Kauf genommen werden müssen. Dabei sind elektrisch aktive Dotierstoffkonzentrationen in der Basis bis über $1 \cdot 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ realisiert worden, wie beispielsweise in A. Schüppen, A. Gruhle, U. Erben, H. Kibbel und U. König: 90 GHz f_{max} SiGe-HBTs, DRC 94, S. IIA-2, 1994 beschrieben. Um Leckströme durch Tunnelprozesse zu vermeiden, ist jedoch eine niedrig dotierte Zone zwischen den Hochkonzentrationsgebieten von Emitter und Basis nötig. Übersteigt nämlich die Basisdotierung Werte von $5 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$, und würde, wie bei implantierten Basisprofilen üblich, die Hochkonzentration des Emitters bis in die Basis hineinreichen, sind unakzeptabel hohe Tunnelströme die Folge. Im Unterschied zu implantierten Basisprofilen ist es bei Anwendung der Epitaxie problemlos möglich, gleichzeitig schmale Basisprofile sowie eine niedrig dotierte Zone (Cap-Schicht) zu erzeugen.

10

15

20

25

Fig. 1 zeigt schematisch den Emitterbereich eines SiGe-HBTs. Der Transistoraufbau gibt typische Merkmale eines Einzel-Polysiliziumprozesses wieder. Über einkristallinem Kollektorgebiet 11 wurde epitaktisch eine SiGe-Basis 12 und anschließend die Cap-Schicht 13 abgeschieden. Eine seitliche Isolation des Transistorgebietes ist in Fig. 1 nicht mit eingezeichnet. Wenn während des Epitaxieschrittes sowohl auf einkristallinem Substrat 11 als auch auf dem nicht dargestellten Isolatorgebiet Halbleitermaterial wächst (differentielle Epitaxie), ist es möglich, die gewachsenen Halbleiterschichten als Verbindung zwischen einem Kontakt auf Isolationsgebiet und dem inneren Transistor zu nutzen. Diese Verbindung sollte möglichst niederohmig ausgelegt sein. Daher wäre es günstig, wenn die Epitaxieschichtdicke unabhängig von der Basisweite eingestellt werden könnte. Über der Isolationsschicht 14, in die naßchemisch Emitterfenster geätzt wurden, ist eine Poly- oder α -Siliziumschicht 15 abgeschieden worden. Die α -Siliziumschicht 15 erhält während der Abscheidung oder nachträglich per Implantation eine Dotierung vom Leitfähigkeitstyp des Emitters und dient als Diffusionsquelle für die Emitterdotierung 16 im einkristallinen Substrat. Die Isolatorschicht 14 wird eingesetzt, um keine Schädigung der Cap-Schicht 13 bei der später erfolgten Strukturierung der polykristallinen α -Siliziumschicht 15 hinnehmen zu müssen. Im Überlappungsbereich 17 des Polysiliziums, dem Gebiet zwischen dem Rand des Emitterfensters und der äußeren Begrenzung der strukturierten Poly- oder α -Siliziumschicht 15, entsteht eine Schichtfolge, bestehend aus Halbleiter-, Isolator- und Halbleitermaterial. In Abhängigkeit von der Dotierung der Cap-Schicht 13, von Grenzflächenladungen und Rekombinationseigenschaften der Oberfläche sowie den Betriebsbedingungen des Transistors kann dieser Aufbau analog zu einer MOS-Kapazität eine Anreicherung aber auch Verarmung an beweglichen Ladungsträgern an der Oberfläche der Cap-Schicht 13 bewirken.

Bei flußgepolter Basis-Emitter-Diode können dadurch sowohl die Idealität des Basisstroms als auch die Niederfrequenz-Rauscheigenschaften beeinträchtigt werden. In Sperrichtung werden Generationsströme und Durchbruchsspannungen unter Umständen negativ beeinflusst.

- 5 Unter der Bedingung, daß wegen der Tunnelgefahr die Dotandenkonzentrationen in der Cap-Schicht das Niveau von $5 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ nicht übersteigen sollten, erhebt sich die Frage, in welcher Weise diese Zone geeignet zu dotieren ist. Im folgenden werden die bisher bekannten Varianten für npn-SiGe-HBTs diskutiert: Homogene n- oder p-Dotierungen nahe der Tunnelgrenze bzw. quasi undotierte Gebiete (i-Zone). In A.
- 10 Chantre, M. Marty, J. L. Regolini, M. Mouis, J. de Pontcharra, D. Dutartre, C. Morin, D. Gloria, S. Jouan, R. Pantel, M. Laurens, and A. Monroy: A high performance low complexity SiGe HBT for BiCMOS integration, BCTM '98, S. 93 - 96, 1998 wird eine p-Dotierung von ca. $5 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ verwendet. Hieraus resultiert der entscheidende Nachteil, daß die Cap-Schichtdicke in einem Toleranzbereich von wenigen
- 15 Nanometern an die Eindringtiefe des aus der Poly-Silizium-Emitter-Schicht ausdiffundierenden Dotierstoffes angepaßt sein muß. Größere Cap-Schichtdicken, die für eine niederohmige Verbindung der inneren Basis zu einem Anschluß auf Isolationsgebiet vorteilhaft wären, verbieten sich, da sonst die Wirkung des Germanium-Profils stark eingeschränkt wird. In A. Gruhle, C. Mähner: Low 1/f noise SiGe HBTs
- 20 with application to low phase noise microwave oscillators, Electronics Letters, Vol. 33, No. 24, S. 2050 - 2052, 1997, wird eine 100 nm dicke Cap-Schicht mit einer n-Konzentration von $1 \cdot 2 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ verwendet. Ähnliche Bedingungen werden in der EP-A-0 795 899 angegeben, wobei vorzugsweise eine Cap-Schicht-Dicke von 70 nm mit einer n-Dotierkonzentration von $2 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ eingesetzt wird. Obgleich bei
- 25 dieser Variante das Problem der Dickentoleranz der Cap-Schicht behoben und die

Gefahr von Tunnelströmen durch die Verringerung der Dotierstoffkonzentration in der Cap-Schicht beseitigt ist, sind auch hier die Möglichkeiten zur Reduktion der Basis-Emitter-Kapazität nicht optimal ausgeschöpft.

5 Dieser Nachteil läßt sich umgehen, wenn auf eine Cap-Dotierung weitgehend verzichtet wird, wie beispielsweise in B. Heinemann, F. Herzel und U. Zillmann: Influence of low doped emitter and collector regions on high-frequency performance of SiGe-base HBTs, Solid-St. Electron., Bd. 38(6), S. 1183 - 1189, 1995 beschrieben. Allerdings kann es dann leicht zu der oben beschriebenen Verarmung des Überlappungsgebietes 17 kommen. Diese Zusammenhänge werden im folgenden mit Hilfe zweidimensionaler Bauelementesimulation erläutert.

Fig. 2 zeigt den in der Simulation verwendeten, vereinfachten Transistoraufbau. Die elektrische Wirkung der Oxid-Halbleitergrenzfläche im Überlappungsgebiet wird mit einer positiven Flächenladungsdichte von $1 \cdot 10^{11} \text{ cm}^{-2}$ sowie einer Oberflächenrekombinationsgeschwindigkeit von 1000 cm/s modelliert. In Fig. 3 sind Vertikalprofile entlang einer Schnittlinie senkrecht zum Überlappungsbereich dargestellt. Die Profile zeigen drei Dotierungsvarianten in der Cap-Schicht 13 und die in allen Fällen identisch vorgegebene, p-dotierte SiGe-Basis 12. Es werden folgende Cap-Dotierungen verglichen: quasi undotierte Cap-Schicht 13 (Profil i) und zwei homogene n-Dotierungen (Profil n1 mit $1 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ und Profil n2 mit $2 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$). Fig. 4 zeigt die Transitfrequenz als Funktion des Kollektorstromes für die verschiedenen Cap-Dotierungen. Insbesondere bei kleinen Kollektorströmen ist eine Zunahme der Transitfrequenz mit sinkendem Dotierungsniveau in der Cap-Schicht 13 zu erkennen. Während das Profil i vergleichsweise die besten Transitfrequenzen liefert, stellt sich 25 als Nachteil jedoch heraus, daß sich die Idealität des Basisstromes (Fig. 5) im Gum-

mel-Plot gegenüber den Vergleichsprofilen spürbar verschlechtert hat.

Aufgabe der Erfindung ist es, einen Bipolartransistor und ein Verfahren zu seiner Herstellung anzugeben, bei dem die beschriebenen Nachteile konventioneller Anordnungen überwunden werden, um insbesondere minimale Basis-Emitter-Kapazitäten und beste Hochfrequenzeigenschaften zu realisieren, ohne daß die statischen Eigenschaften eines Bipolartransistors mit schwach dotierter Cap-Schicht, vor allem die Basisstromidealität und das Niederfrequenz-Rauschen, spürbar verschlechtert werden und die Prozeßkomplexität zunimmt.

- 10 Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch die Einbringung eines speziellen Dotierungsprofils in eine epitaktisch erzeugte Cap-Schicht (Cap-Dotierung) gelöst. Mit Hilfe dieses Dotierungsprofils wird erreicht, daß eine minimale Basis-Emitter-Kapazität und beste Hochfrequenzeigenschaften erreicht werden können, aber auch die generations-/rekombinationsaktive Grenzfläche zwischen Cap-Schicht und Isola-
- 15 tor im Polysilizium-Überlappingsgebiet im interessanten Arbeitsbereich des Transistors in ihrer Wirksamkeit eingeschränkt und die Basisstromidealität verbessert wird. Entscheidend für die guten Hochfrequenzeigenschaften ist der nur schwach, vorzugsweise kleiner als $5 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ dotierte basisseitige Abschnitt in der Cap-Schicht mit einer bevorzugten Dicke zwischen 20 nm und 70 nm.
- 20 Emitterseitig ist die Cap-Schicht höher dotiert. Wenn der Dotierstoff den Leitfähigkeitstyp der Basisschicht besitzt, werden zur Vermeidung von Tunnelströmen Dotierstoffkonzentrationen in der Cap-Schicht von vorzugsweise kleiner als $5 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ eingesetzt.

Vorzugsweise wird das Cap-Dotierungsprofil mittels Implantation oder in situ während des Epitaxieschrittes eingebracht.

Die Merkmale der Erfindung gehen außer aus den Ansprüchen auch aus der Beschreibung und den Zeichnungen hervor, wobei die einzelnen Merkmale jeweils für sich allein oder zu mehreren in Form von Unterkombinationen schutzfähige Ausführungen darstellen, für die hier Schutz beansprucht wird. Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden im folgenden näher erläutert.

10 Die Zeichnungen zeigen:

Fig. 1 Schematische Darstellung des Emittergebietes eines Bipolartransistors, hergestellt in einer Einzel-Polysilizium-Technologie mit epitaktisch abgeschiedener Basis,

15 Fig. 2 Schematische Darstellung des Simulationsgebietes für den Bipolartransistor nach Fig. 1 (nicht maßstabsgerecht),

Fig. 3 Vertikale Dotierungsprofile unter dem Überlappungsbereich für verschiedene Cap-Dotierungen,

Fig. 4 Transit-Frequenz als Funktion der Kollektorstromdichte für unterschiedliche
20 Dotierungsprofile,

Fig. 5 Gummel-Plots für verschiedene Dotierungsprofile,

Fig. 6 Vertikale Dotierungsprofile unter dem Überlappungsbereich für verschiedene Cap-Dotierungen,

Fig. 7 Gummel-Plots für verschiedene Dotierungsprofile,

25

Fig. 8 Transit-Frequenz als Funktion der Kollektorstromdichte für unterschiedliche Dotierungsprofile und

Fig. 9 Schematische Darstellung eines Bipolartransistors während der Herstellung.

- 5 Die Merkmale und Wirkungsweise der erfindungsgemäßen Cap-Dotierungsprofile werden mit Hilfe zweidimensionaler Bauelementesimulation an einem npn SiGe-HBT beschrieben. Die Darlegungen lassen sich in entsprechender Weise auf einen pnp-Transistor übertragen.
- 10 Fig. 6 zeigt charakteristische Beispiele für die hier vorgeschlagenen Vertikalprofile in der Cap-Schicht 13 entlang einer Schnittlinie senkrecht zum Überlappungsbereich. Das Cap- „Profil p1“ ist zur Cap-Schicht-Oberfläche hin ansteigend und erreicht dort mit ca. $9 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ seine maximale Konzentration, während die 10 nm breiten, kastenähnlichen Profile „p2 und n3“ mit $2 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ dotiert sind. Die Profile p1 und p2
- 15 sind vom p-Leitfähigkeitstyp, n3 vom n-Typ. In Fig. 7 sind Gummel-Plots zu den Profilen p1, p2 und n3 dargestellt, wobei zum Vergleich die Kennlinien vom Profil i aus Fig. 5 übernommen wurden. Fig. 7 zeigt deutlich die Verbesserung der Idealität der Basisstromkennlinien bei Verwendung der Cap-Dotierung gegenüber dem Verhalten von Profil i. Die dynamischen Berechnungen zu diesen Profilen führen zu dem
- 20 in Fig. 8 wiedergegebenen Ergebnis: Im Unterschied zu den homogenen Dotierungen n1 und n2 mit Konzentrationen von $1 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ und $2 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ ist für die Cap-Profile p1, p2 und n3 keine Verschlechterung der Transitfrequenzen im Vergleich zu Profil i zu erkennen. Entscheidend für die guten Hochfrequenzeigenschaften ist der nur schwach, vorzugsweise kleiner als $5 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ dotierte Abschnitt in der Cap-Schicht

mit einer bevorzugten Dicke von mindestens 20 nm. Die Resultate weisen darauf hin, daß im hier betrachteten Beispiel sowohl mit n- als auch mit p-Profil in der Cap-Schicht annähernd gleichwertige Ergebnisse erreichbar sind.

Welcher Dotierungstyp in der Praxis zu bevorzugen ist, hängt z. B. davon ab, welchen Typ und welche Dichte die Ladungen an der Si/Isolator-Grenzfläche oder im Isolator besitzen oder welche Herstellungsverfahren für die Cap-Dotierung in Frage kommen. So lassen sich die vorgeschlagenen Profile z. B. per Implantation einbringen. Diese Variante ist jedoch nur dann zu bevorzugen, wenn die Auswirkungen von Punktdefekten auf das Basisprofil kontrollierbar sind. Würde es infolge der Ausheilung von Punktdefekten zu einer verstärkten Diffusion der Basisdotierung aus der SiGe-Schicht kommen und hierdurch die elektrischen Eigenschaften unakzeptabel verschlechtert werden, sind andere Dotierungsvarianten nötig. Zum Beispiel bietet sich eine in situ Dotierung während der Epitaxie an. Bei diesem Vorgehen wird der Typ der Cap-Dotierung mitbestimmt von der Sicherheit und Einfachheit des Abscheideprozesses.

Im folgenden wird die Herstellung eines Bipolartransistors gemäß der Erfindung am Beispiel eines npn SiGe-HBTs dargelegt. Die dabei vorgestellte Verfahrensweise kann ebenso gut auf pnp-Transistoren übertragen werden. Außerdem ist es erfindungsgemäß auch möglich, auf eine Epitaxie der Basisschicht zu verzichten und das Basisprofil vor der epitaktischen Herstellung einer Cap-Schicht per Implantation einzubringen.

Wie in Fig. 9 dargestellt, wurden auf einer einkristallinen Substratschicht 111 vom Leitfähigkeitstyp I strukturierte Gebiete, bestehend aus einem Kollektorbereich 112 vom Leitfähigkeitstyp II, sowie diesen umgebende Isolationsgebiete 113 erzeugt. Sind Emitter und Kollektor z.B. n-leitend, ist die Basis vom p-Typ bzw. umgekehrt.

Es sind verschiedene geeignete Isolationstechniken bekannt, wie z.B. LOCOS-Prozesse, verspacerte Mesa-Anordnungen bzw. tiefe oder flache Trenchisolationen. Auf der Basis differentieller Epitaxie wird ganzflächig die Pufferschicht 114, die SiGe-Schicht mit in-situ Dotierung der Basisschicht 115 vom Leitfähigkeitstyp I sowie die Cap-Schicht 116 erzeugt.

Während die Pufferschicht 114, die Basisschicht 115 und Cap-Schicht 116 einkristallin über dem Silizium-Substrat wachsen, entstehen polykristalline Schichten 114/1;115/1;116/1 über dem Isolationsgebiet 113. Nach photolithografischer Maskierung werden Trockenätztechniken eingesetzt, um die Epitaxieschicht in denjenigen Gebieten zu entfernen, in denen keine Transistoren entstehen.

Verwendet man anstelle differentieller eine selektive Epitaxie, bei der ein Wachstum ausschließlich über Siliziumuntergrund erfolgt, entfällt im Unterschied zum Prozeßablauf mit differentieller Epitaxie die Strukturierung des Epitaxiestapels.

Im folgenden Schritt werden die Siliziumgebiete mit einer Isolationsschicht 117 abgedeckt. Es ist möglich, dies durch thermische Oxidation und/oder Abscheidung zu erreichen. Es können Schichtstapel von Dielektrika, z. B. Siliziumoxid und -nitrid, eingesetzt werden. Außerdem kann die elektrisch isolierende Schicht mit einer Polysiliziumschicht bedeckt sein, um zusätzliche Freiheitsgrade für den späteren Prozeßablauf offenzuhalten.

Als wesentlich im Sinne des erfindungsgemäßen Verfahrens ist die Realisierung des Cap-Dotierungsprofils in einer epitaktisch hergestellten Cap-Schicht anzusehen. Es besteht die Möglichkeit, ähnliche Profile wie die in Fig. 6 gezeigten, in situ während der Epitaxie einzubringen. Des weiteren kann durch Implantation vor oder nach Herstellung der Isolationsschicht 117 ein flaches Profil erzeugt werden. Außerdem sind

verschiedene Verfahren zur Eindiffusion derartiger Profile bekannt. Dafür kann auch eine mit Dotierstoff hochangereicherte Isolatorschicht dienen. Ein Ausdiffusionsschritt kann vor oder nach weiteren Prozeßschritten erfolgen. Insbesondere bei Anwendung solcher Prozeßschritte wie Implantation, Eindiffusion oder thermischer Oxidation, die eine beschleunigte Diffusion der Dotanden hervorrufen können, ist der Einsatz eines diffusionshemmenden Zusatzstoffes in Kollektor, Basis oder Cap-Schicht 116, wie z. B. Kohlenstoff, sinnvoll.

Die Transistorherstellung kann nun fortgesetzt werden mit der Strukturierung einer Lackmaske zur Öffnung des Emitterfensters. Dort werden die Deckschichten mit Hilfe bekannter Ätzverfahren abgetragen. Um gute Transistoreigenschaften zu erzielen, sind vorzugsweise Naßätztechniken beim Freilegen der Halbleiteroberfläche anzuwenden.

Der Prozeß wird fortgesetzt mit der Abscheidung einer amorphen Siliziumschicht für die Bildung des Polysiliziumemitters. Diese kann bereits in-situ während oder im Anschluß an die Abscheidung durch Implantation dotiert werden.

Der Prozeß wird mit konventionellen Schritten der Strukturierung, Implantation und Passivierung fortgesetzt. Zur Ausheilung der Implantationsschäden und zur Formierung des Poly-Emitters werden erforderliche Hoch-Temperaturschritte durchgeführt. Der Prozeß wird vervollständigt mit dem Öffnen der Kontaktlöcher für Emitter, Basis und Kollektor und einer Standardmetallisierung für die Transistorkontakte.

In der vorliegenden Erfindung wurden anhand konkreter Ausführungsbeispiele ein Bipolartransistor und ein Verfahren zu seiner Herstellung erläutert. Es sei aber vermerkt, daß die vorliegende Erfindung nicht auf die Einzelheiten der Beschreibung im

4. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die emitterseitig höhere Dotierstoffkonzentration der Cap-Schicht (116) Werte von $5 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ nicht übersteigt, wenn der Dotierstoff den Leitfähigkeitstyp der Basisschicht (115) besitzt.
- 5
5. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Cap-Dotierungsprofil mittels Implantation eingebracht wird.
- 10
6. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Cap-Dotierungsprofil in situ während des Epitaxieschrittes eingebracht wird.
- 15
7. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Cap-Dotierungsprofil durch Ausdiffusion aus der mit Dotierstoff hochangereicherten Isolationsschicht (117) erzeugt wird.
- 20
8. Bipolartransistor, bei dem auf einer einkristallinen Substratschicht (111) strukturierte Gebiete, bestehend aus einem Kollektorbereich (112), sowie diesen umgebende Isolationsgebiete (113) erzeugt werden, über dem Kollektorbereich (112) eine Basisschicht (115), wobei eine Pufferschicht (114) dazwischen liegen kann und mittels Epitaxie eine Cap-Schicht (116) hergestellt werden, über der Cap-Schicht (116) eine Isolationsschicht (112) abgeschieden und diese im Bereich des wirksamen Emittergebietes geöffnet wird, über der
- 25

geöffneten Isolationsschicht (117) eine Poly- oder α -Si-Schicht abgeschieden, strukturiert und als Emitter-Dotierstoffquelle und Kontaktschicht genutzt wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß im Überlappungsbereich (17), dem Gebiet zwischen dem Rand des Emitterfensters und der äußeren Begrenzung der strukturierten Poly- oder α -Siliziumschicht (15), die Cap-Schicht (13/116) ein Dotierungsprofil enthält, welches basisseitig schwach und emitterseitig höher dotiert ist.

9. Bipolartransistor nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß die basisseitig schwächere Dotierstoffkonzentration der Cap-Schicht (13/116) Werte von $5 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ nicht übersteigt.
10. Bipolartransistor nach einem oder mehreren der Anspruch 8 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Cap-Schicht (13/116) eine Schichtdicke zwischen 20 nm und 70 nm besitzt.
11. Bipolartransistor nach einem oder mehreren der Ansprüche 8 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß die emitterseitig höhere Dotierstoffkonzentration der Cap-Schicht (13/116) Werte von $5 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ nicht übersteigt, wenn der Dotierstoff den Leitfähigkeitstyp der Basisschicht (12,115) besitzt.

5 **Bipolartransistor und Verfahren zu seiner Herstellung**

Die Erfindung betrifft einen Bipolartransistor und ein Verfahren zu seiner Herstellung.

Die Realisierung von epitaktisch hergestellten Silizium-Germanium-Heterobipolartransistoren
10 (SiGe-HBT) sowie die kostensparende Vereinfachung der technologischen Prozesse gaben in
jüngerer Zeit neue Impulse für die Weiterentwicklung von Si-Bipolartransistoren. Einen
attraktiven Weg eröffnet in dieser Hinsicht die Verbindung einer epitaktisch erzeugten Basis
mit den prozeßvereinfachenden Möglichkeiten einer Einzel-Polysilizium-Technologie.

Im Vergleich zu konventionell per Implantation oder Eindiffusion eingebrachten
15 Basisprofilen können mit Hilfe epitaktisch hergestellter Silizium-Germanium-Basissschichten
gleichzeitig kleinere Basisweiten und -schichtwiderstände erzeugt werden, ohne daß
unbrauchbar kleine Stromverstärkungen oder hohe Leckströme in Kauf genommen werden
müssen. Dabei sind elektrisch aktive Dotierstoffkonzentrationen in der Basis bis über
 $1 \cdot 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ realisiert worden, wie beispielsweise in A. Schüppen, A. Gruhle, U. Erben, H.
20 Kibbel und U. König: 90 GHz f_{max} SiGe-HBTs, DRC 94, S. IIA-2, 1994 beschrieben. Um
Leckströme durch Tunnelprozesse zu vermeiden, ist jedoch eine niedrig dotierte Zone
zwischen den Hochkonzentrationsgebieten von Emitter und Basis nötig. Übersteigt nämlich
die Basisdotierung Werte von $5 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$, und würde, wie bei implantierten Basisprofilen
üblich, die Hochkonzentration des Emitters bis in die Basis hineinreichen, sind unakzeptabel
25 hohe Tunnelströme die Folge. Im Unterschied zu implantierten Basisprofilen ist es bei
Anwendung der Epitaxie problemlos möglich, gleichzeitig schmale Basisprofile sowie eine
niedrig dotierte Zone (Cap-Schicht) zu erzeugen.

Fig. 1 zeigt schematisch den Emitterbereich eines SiGe-HBTs. Der Transistoraufbau gibt typische Merkmale eines Einzel-Polysiliziumprozesses wieder. Über einkristallinem Kollektorgebiet 11 wurde epitaktisch eine SiGe-Basis 12 und anschließend die Cap-Schicht 13 abgeschieden. Eine seitliche Isolation des Transistorgebietes ist in Fig. 1 nicht mit eingezeichnet. Wenn während des Epitaxieschrittes sowohl auf einkristallinem Substrat 11 als auch auf dem nicht dargestellten Isolatorgebiet Halbleitermaterial wächst (differentielle Epitaxie), ist es möglich, die gewachsenen Halbleiterschichten als Verbindung zwischen einem Kontakt auf Isolationsgebiet und dem inneren Transistor zu nutzen. Diese Verbindung sollte möglichst niederohmig ausgelegt sein. Daher wäre es günstig, wenn die Epitaxieschichtdicke unabhängig von der Basisweite eingestellt werden könnte. Über der Isolationsschicht 14, in die naßchemisch Emitterfenster geätzt wurden, ist eine Poly- oder α -Siliziumschicht 15 abgeschieden worden. Die α -Siliziumschicht 15 erhält während der Abscheidung oder nachträglich per Implantation eine Dotierung vom Leitfähigkeitstyp des Emitters und dient als Diffusionsquelle für die Emitterdotierung 16 im einkristallinen Substrat. Die Isolatorschicht 14 wird eingesetzt, um keine Schädigung der Cap-Schicht 13 bei der später erfolgten Strukturierung der polykristallinen α -Siliziumschicht 15 hinnehmen zu müssen. Im Überlappungsbereich 17 des Polysiliziums, dem Gebiet zwischen dem Rand des Emitterfensters und der äußeren Begrenzung der strukturierten Poly- oder α -Siliziumschicht 15, entsteht eine Schichtfolge, bestehend aus Halbleiter-, Isolator- und Halbleitermaterial. In Abhängigkeit von der Dotierung der Cap-Schicht 13, von Grenzflächenladungen und Rekombinationseigenschaften der Oberfläche sowie den Betriebsbedingungen des Transistors kann dieser Aufbau analog zu einer MOS-Kapazität eine Anreicherung aber auch Verarmung an beweglichen Ladungsträgern an der Oberfläche der Cap-Schicht 13 bewirken.

Bei flußgepolter Basis-Emitter-Diode können dadurch sowohl die Idealität des Basisstroms als auch die Niederfrequenz-Rauscheigenschaften beeinträchtigt werden. In Sperrrichtung werden Generationsströme und Durchbruchsspannungen unter Umständen negativ beeinflusst. Unter der Bedingung, daß wegen der Tunnelgefahr die Dotandenkonzentrationen in der Cap-Schicht das Niveau von $5 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ nicht übersteigen sollten, erhebt sich die Frage, in welcher Weise diese Zone geeignet zu dotieren ist. Im folgenden werden die bisher bekannten Varianten für npn-SiGe-HBTs diskutiert: Homogene n- oder p-Dotierungen nahe der Tunnelgrenze bzw. quasi undotierte Gebiete (i-Zone). In A. Chantre, M. Marty, J. L. Regolini, M. Mouis, J. de Pontcharra, D. Dutartre, C. Morin, D. Gloria, S. Jouan, R. Pantel, M. Laurens, and A. Monroy: A high performance low complexity SiGe HBT for BiCMOS integration, BCTM '98, S. 93 - 96, 1998 wird eine p-Dotierung von ca. $5 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ verwendet. Hieraus resultiert der entscheidende Nachteil, daß die Cap-Schichtdicke in einem Toleranzbereich von wenigen Nanometern an die Eindringtiefe des aus der Poly-Silizium-Emitter-Schicht ausdiffundierenden Dotierstoffes angepaßt sein muß. Größere Cap-Schichtdicken, die für eine niederohmige Verbindung der inneren Basis zu einem Anschluß auf Isolationsgebiet vorteilhaft wären, verbieten sich, da sonst die Wirkung des Germanium-Profiles stark eingeschränkt wird. In A. Gruhle, C. Mähner: Low 1/f noise SiGe HBTs with application to low phase noise microwave oscillators, Electronics Letters, Vol. 33, No. 24, S. 2050 - 2052, 1997 wird eine 100 nm dicke Cap-Schicht mit einer n-Konzentration von $1\text{-}2 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ verwendet. Obgleich bei dieser Variante das Problem der Dickentoleranz der Cap-Schicht behoben und die Gefahr von Tunnelströmen durch die Verringerung der Dotierstoffkonzentration in der Cap-Schicht beseitigt ist, sind auch hier die Möglichkeiten zur Reduktion der Basis-Emitter-Kapazität nicht optimal ausgeschöpft.

- 5 Dieser Nachteil lässt sich umgehen, wenn auf eine Cap-Dotierung weitgehend verzichtet wird, wie beispielsweise in B. Heinemann, F. Herzel und U. Zillmann: Influence of low doped emitter and collector regions on high-frequency performance of SiGe-base HBTs, Solid-St. Electron., Bd. 38(6), S. 1183 - 1189, 1995 beschrieben. Allerdings kann es dann leicht zu der oben beschriebenen Verarmung des Überlappungsgebietes 17 kommen. Diese Zusammen-
- 10 hänge werden im folgenden mit Hilfe zweidimensionaler Bauelementesimulation erläutert. Fig. 2 zeigt den in der Simulation verwendeten, vereinfachten Transistoraufbau. Die elektrische Wirkung der Oxid-Halbleitergrenzfläche im Überlappungsgebiet wird mit einer positiven Flächenladungsdichte von $1 \cdot 10^{11} \text{ cm}^{-2}$ sowie einer Oberflächenrekombinationsgeschwindigkeit von 1000 cm/s modelliert. In Fig. 3 sind Vertikalprofile entlang einer
- 15 Schnittlinie senkrecht zum Überlappungsbereich dargestellt. Die Profile zeigen drei Dotierungsvarianten in der Cap-Schicht 13 und die in allen Fällen identisch vorgegebene, p-dotierte SiGe-Basis 12. Es werden folgende Cap-Dotierungen verglichen: quasi undotierte Cap-Schicht 13 (Profil i) und zwei homogene n-Dotierungen (Profil n1 mit $1 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ und Profil n2 mit $2 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$). Fig. 4 zeigt die Transitfrequenz als Funktion des Kollektorstromes
- 20 für die verschiedenen Cap-Dotierungen. Insbesondere bei kleinen Kollektorströmen ist eine Zunahme der Transitfrequenz mit sinkendem Dotierungsniveau in der Cap-Schicht 13 zu erkennen. Während das Profil i vergleichsweise die besten Transitfrequenzen liefert, stellt sich als Nachteil jedoch heraus, daß sich die Idealität des Basisstromes (Fig. 5) im Gummel-Plot gegenüber den Vergleichsprofilen spürbar verschlechtert hat.
- 25 Aufgabe der Erfindung ist es, einen Bipolartransistor und ein Verfahren zu seiner Herstellung anzugeben, bei dem die beschriebenen Nachteile konventioneller Anordnungen überwunden werden, um insbesondere minimale Basis-Emitter-Kapazitäten und beste Hochfrequenzeigenschaften zu realisieren, ohne daß die statischen Eigenschaften eines Bipolartransistors mit schwach dotierter Cap-Schicht, vor allem die Basisstromidealität und das Niederfrequenz-
- 30 Rauschen, spürbar verschlechtert werden und die Prozeßkomplexität zunimmt.

- 5 Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch die Einbringung eines speziellen Dotierungsprofils in eine epitaktisch erzeugte Cap-Schicht (Cap-Dotierung) gelöst. Mit Hilfe dieses Dotierungsprofils wird erreicht, daß eine minimale Basis-Emitter-Kapazität und beste Hochfrequenzeigenschaften erreicht werden können, aber auch die generations-/rekombinationsaktive Grenzfläche zwischen Cap-Schicht und Isolator im Polysilizium-
10 Überlappungsgebiet im interessanten Arbeitsbereich des Transistors in ihrer Wirksamkeit eingeschränkt und die Basisstromidealität verbessert wird.
- Entscheidend für die guten Hochfrequenzeigenschaften ist der nur schwach, vorzugsweise kleiner als $5 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ dotierte basisseitige Abschnitt in der Cap-Schicht mit einer bevorzugten Dicke zwischen 20 nm und 70 nm.
- 15 Emittersseitig ist die Cap-Schicht höher dotiert. Wenn der Dotierstoff den Leitfähigkeitstyp der Basisschicht besitzt, werden zur Vermeidung von Tunnelströmen Dotierstoffkonzentrationen in der Cap-Schicht von vorzugsweise kleiner als $5 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ eingesetzt.
- Vorzugsweise wird das Cap-Dotierungsprofil mittels Implantation oder in situ während des Epitaxieschrittes eingebracht.
- 20 Die Merkmale der Erfindung gehen außer aus den Ansprüchen auch aus der Beschreibung und den Zeichnungen hervor, wobei die einzelnen Merkmale jeweils für sich allein oder zu mehreren in Form von Unterkombinationen schutzfähige Ausführungen darstellen, für die hier Schutz beansprucht wird. Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden im folgenden näher erläutert.

5 Die Zeichnungen zeigen:

Fig. 1 Schematische Darstellung des Emittergebietes eines Bipolartransistors, hergestellt in einer Einzel-Polysilizium-Technologie mit epitaktisch abgeschiedener Basis,

10 Fig. 2 Schematische Darstellung des Simulationsgebietes für den Bipolartransistor nach Fig. 1 (nicht maßstabsgerecht),

Fig. 3 Vertikale Dotierungsprofile unter dem Überlappungsbereich für verschiedene Cap-Dotierungen,

Fig. 4 Transit-Frequenz als Funktion der Kollektorstromdichte für unterschiedliche Dotierungsprofile,

15 Fig. 5 Gummel-Plots für verschiedene Dotierungsprofile,

Fig. 6 Vertikale Dotierungsprofile unter dem Überlappungsbereich für verschiedene Cap-Dotierungen,

Fig. 7 Gummel-Plots für verschiedene Dotierungsprofile,

20 Fig. 8 Transit-Frequenz als Funktion der Kollektorstromdichte für unterschiedliche Dotierungsprofile und

Fig. 9 Schematische Darstellung eines Bipolartransistors während der Herstellung.

Die Merkmale und Wirkungsweise der erfindungsgemäßen Cap-Dotierungsprofile werden mit Hilfe zweidimensionaler Bauelementesimulation an einem npn SiGe-HBT beschrieben. Die
25 Darlegungen lassen sich in entsprechender Weise auf einen pnp-Transistor übertragen.

Fig. 6 zeigt charakteristische Beispiele für die hier vorgeschlagenen Vertikalprofile in der Cap-Schicht 13 entlang einer Schnittlinie senkrecht zum Überlappungsbereich. Das Cap-„Profil p1“ ist zur Cap-Schicht-Oberfläche hin ansteigend und erreicht dort mit ca. $9 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ seine maximale Konzentration, während die 10 nm breiten, kastenähnlichen Profile „p2 und n3“ mit $2 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ dotiert sind. Die Profile p1 und p2 sind vom p-Leitfähigkeitstyp, n3 vom n-Typ. In Fig. 7 sind Gummel-Plots zu den Profilen p1, p2 und n3 dargestellt, wobei zum Vergleich die Kennlinien vom Profil i aus Fig. 5 übernommen wurden. Fig. 7 zeigt deutlich die Verbesserung der Idealität der Basisstromkennlinien bei Verwendung der Cap-Dotierung gegenüber dem Verhalten von Profil i. Die dynamischen Berechnungen zu diesen Profilen führen zu dem in Fig. 8 wiedergegebenen Ergebnis: Im Unterschied zu den homogenen Dotierungen n1 und n2 mit Konzentrationen von $1 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ und $2 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ ist für die Cap-Profile p1, p2 und n3 keine Verschlechterung der Transistfrequenzen im Vergleich zu Profil i zu erkennen. Entscheidend für die guten Hochfrequenzeigenschaften ist der nur schwach, vorzugsweise kleiner als $5 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ dotierte Abschnitt in der Cap-Schicht mit einer bevorzugten Dicke von mindestens 20 nm. Die Resultate weisen darauf hin, daß im hier betrachteten Beispiel sowohl mit n- als auch mit p-Profil in der Cap-Schicht annähernd gleichwertige Ergebnisse erreichbar sind.

Welcher Dotierungstyp in der Praxis zu bevorzugen ist, hängt z. B. davon ab, welchen Typ und welche Dichte die Ladungen an der Si/Isolator-Grenzfläche oder im Isolator besitzen oder welche Herstellungsverfahren für die Cap-Dotierung in Frage kommen. So lassen sich die vorgeschlagenen Profile z. B. per Implantation einbringen. Diese Variante ist jedoch nur dann zu bevorzugen, wenn die Auswirkungen von Punktdefekten auf das Basisprofil kontrollierbar sind. Würde es infolge der Ausheilung von Punktdefekten zu einer verstärkten Diffusion der Basisdotierung aus der SiGe-Schicht kommen und hierdurch die elektrischen Eigenschaften unakzeptabel verschlechtert werden, sind andere Dotierungsvarianten nötig. Zum Beispiel

5 bietet sich eine in situ Dotierung während der Epitaxie an. Bei diesem Vorgehen wird der Typ der Cap-Dotierung mitbestimmt von der Sicherheit und Einfachheit des Abscheideprozesses.

Im folgenden wird die Herstellung eines Bipolartransistors gemäß der Erfindung am Beispiel eines npn SiGe-HBTs dargelegt. Die dabei vorgestellte Verfahrensweise kann ebenso gut auf pnp-Transistoren übertragen werden. Außerdem ist es erfindungsgemäß auch möglich, auf
 10 eine Epitaxie der Basisschicht zu verzichten und das Basisprofil vor der epitaktischen Herstellung einer Cap-Schicht per Implantation einzubringen.

Wie in Fig. 9 dargestellt, wurden auf einer einkristallinen Substratschicht 111 vom Leitfähigkeitstyp I strukturierte Gebiete, bestehend aus einem Kollektorbereich 112 vom Leitfähigkeitstyp II, sowie diesen umgebende Isolationsgebiete 113 erzeugt. Sind Emitter und
 15 Kollektor z.B. n-leitend, ist die Basis vom p-Typ bzw. umgekehrt. Es sind verschiedene geeignete Isolationstechniken bekannt, wie z.B. LOCOS-Prozesse, verspacerte Mesa-Anordnungen bzw. tiefe oder flache Trenchisolationen.

Auf der Basis differentieller Epitaxie wird ganzflächig die Pufferschicht 114, die SiGe-Schicht mit in-situ Dotierung der Basisschicht 115 vom Leitfähigkeitstyp I sowie die Cap-
 20 Schicht 116 erzeugt.

Während die Pufferschicht 114, die Basisschicht 115 und Cap-Schicht 116 einkristallin über dem Silizium-Substrat wachsen, entstehen polykristalline Schichten 114/1;115/1;116/1 über dem Isolationsgebiet 113. Nach photolithografischer Maskierung werden
 25 Trockenätztechniken eingesetzt, um die Epitaxieschicht in denjenigen Gebieten zu entfernen, in denen keine Transistoren entstehen.

Verwendet man anstelle differentieller eine selektive Epitaxie, bei der ein Wachstum ausschließlich über Siliziumuntergrund erfolgt, entfällt im Unterschied zum Prozeßablauf mit differentieller Epitaxie die Strukturierung des Epitaxiestapels.

- 5 Im folgenden Schritt werden die Siliziumgebiete mit einer Isolationsschicht 117 abgedeckt. Es ist möglich, dies durch thermische Oxidation und/oder Abscheidung zu erreichen. Es können Schichtstapel von Dielektrika, z. B. Siliziumoxid und -nitrid, eingesetzt werden. Außerdem kann die elektrisch isolierende Schicht mit einer Polysiliziumschicht bedeckt sein, um zusätzliche Freiheitsgrade für den späteren Prozeßablauf offenzuhalten.
- 10 Als wesentlich im Sinne des erfindungsgemäßen Verfahrens ist die Realisierung des Cap-Dotierungsprofils in einer epitaktisch hergestellten Cap-Schicht anzusehen. Es besteht die Möglichkeit, ähnliche Profile wie die in Fig. 6 gezeigten, in situ während der Epitaxie einzubringen. Des weiteren kann durch Implantation vor oder nach Herstellung der Isolationsschicht 117 ein flaches Profil erzeugt werden. Außerdem sind verschiedene
- 15 Verfahren zur Eindiffusion derartiger Profile bekannt. Dafür kann auch eine mit Dotierstoff hochangereicherte Isolatorschicht dienen. Ein Ausdiffusionsschritt kann vor oder nach weiteren Prozeßschritten erfolgen. Insbesondere bei Anwendung solcher Prozeßschritte wie Implantation, Eindiffusion oder thermischer Oxidation, die eine beschleunigte Diffusion der Dotanden hervorrufen können, ist der Einsatz eines diffusionshemmenden Zusatzstoffes in
- 20 Kollektor, Basis oder Cap-Schicht 116, wie z. B. Kohlenstoff, sinnvoll.

Die Transistorherstellung kann nun fortgesetzt werden mit der Strukturierung einer Lackmaske zur Öffnung des Emitterfensters. Dort werden die Deckschichten mit Hilfe bekannter Ätzverfahren abgetragen. Um gute Transistoreigenschaften zu erzielen, sind

25 vorzugsweise Naßätztechniken beim Freilegen der Halbleiteroberfläche anzuwenden.

Der Prozeß wird fortgesetzt mit der Abscheidung einer amorphen Siliziumschicht für die Bildung des Polysiliziumemitters. Diese kann bereits in-situ während oder im Anschluß an die Abscheidung durch Implantation dotiert werden.

- 5 Der Prozeß wird mit konventionellen Schritten der Strukturierung, Implantation und Passivierung fortgesetzt. Zur Ausheilung der Implantationsschäden und zur Formierung des Poly-Emitters werden erforderliche Hoch-Temperaturschritte durchgeführt. Der Prozeß wird vervollständigt mit dem Öffnen der Kontaktlöcher für Emitter, Basis und Kollektor und einer Standardmetallisierung für die Transistorkontakte.
- 10 In der vorliegenden Erfindung wurden anhand konkreter Ausführungsbeispiele ein Bipolartransistor und ein Verfahren zu seiner Herstellung erläutert. Es sei aber vermerkt, daß die vorliegende Erfindung nicht auf die Einzelheiten der Beschreibung im Ausführungsbeispiel eingeschränkt ist, da im Rahmen der Patentansprüche Änderungen und Abwandlungen beansprucht werden.

5 Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Bipolartransistors, bei dem auf einer einkristallinen Substratschicht (111) strukturierte Gebiete, bestehend aus einem Kollektorbereich (112), sowie diesen umgebende Isolationsgebiete (113) erzeugt werden, über dem Kollektorbereich (112) eine Basisschicht (115) und mittels Epitaxie eine Cap-Schicht (116) hergestellt werden, über der Cap-Schicht (116) eine Isolationsschicht (117) abgeschieden und diese im Bereich des wirksamen Emittergebietes geöffnet wird, über der geöffneten Isolationsschicht (117) eine Poly- oder α -Si-Schicht abgeschieden, strukturiert und als Emitter-Dotierstoffquelle und Kontaktschicht genutzt wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein Dotierungsprofil in die Cap-Schicht (116) eingebracht wird, welches basisseitig schwach und emitterseitig höher dotiert ist.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die basisseitig schwächere Dotierstoffkonzentration der Cap-Schicht (116) Werte von $5 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ nicht übersteigt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die basisseitig schwächere Dotierstoffkonzentration der Cap-Schicht (116) eine Schichtdicke von höchstens 70 nm besitzt.
4. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die basisseitig schwächere Dotierstoffkonzentration der Cap-Schicht (116) in einer Schichtdicke von mindestens 20 nm Werte von $5 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ nicht übersteigt.

- 5 5. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die emitterseitig höhere Dotierstoffkonzentration der Cap-Schicht (116) Werte von $5 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ nicht übersteigt, wenn der Dotierstoff den Leitfähigkeitstyp der Basisschicht (115) besitzt.
- 10 6. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Cap-Dotierungsprofil mittels Implantation eingebracht wird.
7. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Cap-Dotierungsprofil in situ während des Epitaxieschrittes
15 eingebracht wird.
8. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Cap-Dotierungsprofil durch Ausdiffusion aus der mit Dotierstoff hochangereicherten Isolationsschicht (117) erzeugt wird.
20
9. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Basis mittels Epitaxie realisiert wird.
10. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Basisschicht (115) als SiGe-Schicht mittels Epitaxie realisiert
25 wird.
11. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß in Kollektorbereich (112), Basisschicht (115) und/oder
30 Emittergebiet ein diffusionshemmendes Mittel eingebracht wird.

5 12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß als diffusionshemmendes Mittel Kohlenstoff eingebracht wird.

13. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß in der Basisschicht (115) Borkonzentrationen von über $5 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ eingebracht sind.

14. Bipolartransistor, bei dem auf einer einkristallinen Substratschicht (111) strukturierte Gebiete, bestehend aus einem Kollektorbereich (112), sowie diesen umgebende Isolationsgebiete (113) erzeugt werden, über dem Kollektorbereich (112) eine Basisschicht (115) und mittels Epitaxie eine Cap-Schicht (116) hergestellt werden, über der Cap-Schicht (116) eine Isolationsschicht (117) abgeschieden und diese im Bereich des wirksamen Emittergebietes geöffnet wird, über der geöffneten Isolationsschicht (117) eine Poly- oder α -Si-Schicht abgeschieden, strukturiert und als Emitter-Dotierstoffquelle und Kontaktschicht genutzt wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein Dotierungsprofil in der Cap-Schicht (116) eingebracht ist, welches basisseitig schwach und emitterseitig höher dotiert ist.

15. Bipolartransistor nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, daß die basisseitig schwächere Dotierstoffkonzentration der Cap-Schicht (116) Werte von $5 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ nicht übersteigt.

16. Bipolartransistor nach Anspruch 14 oder 15, **dadurch gekennzeichnet**, daß die basisseitig schwächere Dotierstoffkonzentration der Cap-Schicht (116) in einer Schichtdicke von mindestens 20 nm Werte von $5 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ nicht übersteigt.

- 5 17. Bipolartransistor nach einem oder mehreren der Ansprüche 14 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß die basisseitig schwächere Dotierstoffkonzentration der Cap-Schicht (116) eine Schichtdicke von höchstens 70 nm besitzt.
- 10 18. Bipolartransistor nach einem oder mehreren der Ansprüche 14 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß die emitterseitig höhere Dotierstoffkonzentration der Cap-Schicht (116) Werte von $5 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ nicht übersteigt, wenn der Dotierstoff den Leitfähigkeitstyp der Basisschicht (115) besitzt.

5 Zusammenfassung

Aufgabe der Erfindung ist es, einen Bipolartransistor und ein Verfahren zu seiner Herstellung anzugeben, bei dem minimale Basis-Emitter-Kapazitäten und beste Hochfrequenzeigenschaften realisiert werden, ohne daß die statischen Eigenschaften eines Bipolartransistors mit schwach dotierter Cap-Schicht, vor allem die Basisstromidealität und das Niederfrequenz-Rauschen, spürbar verschlechtert werden und die Prozeßkomplexität zunimmt.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch die Einbringung eines speziellen Dotierungsprofils in eine epitaktisch erzeugte Cap-Schicht (Cap-Dotierung) gelöst. Mit Hilfe dieses Dotierungsprofils wird erreicht, daß eine minimale Basis-Emitter-Kapazität und beste Hochfrequenzeigenschaften erreicht werden können, aber auch die generations-/rekombinationsaktive Grenzfläche zwischen Cap-Schicht und Isolator im Polysilizium-Überlappingsgebiet im interessanten Arbeitsbereich des Transistors in ihrer Wirksamkeit eingeschränkt und die Basisstromidealität verbessert wird.

Entscheidend für die guten Hochfrequenzeigenschaften ist der nur schwach, vorzugsweise kleiner als $5 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ dotierte basisseitige Abschnitt in der Cap-Schicht mit einer bevorzugten Dicke zwischen 20 nm und 70 nm.

(hierzu Fig. 9)

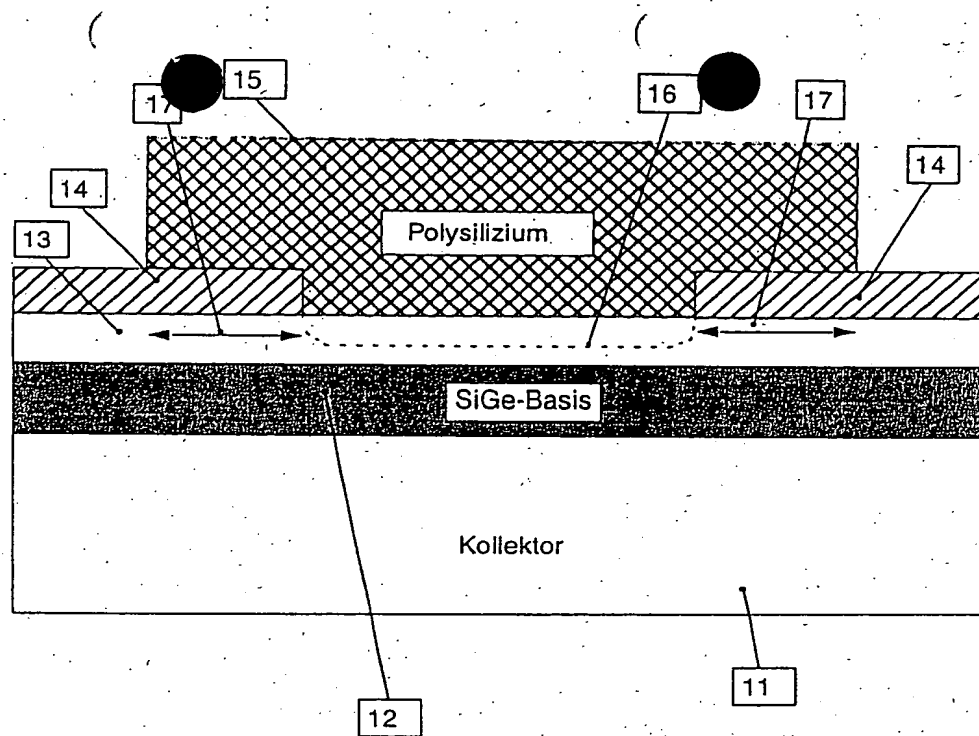


Fig. 1

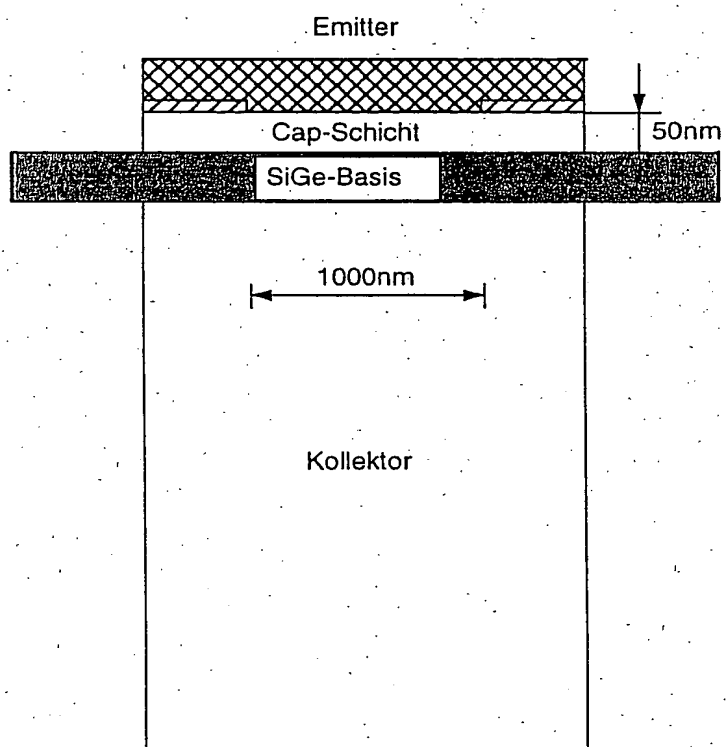


Fig. 2

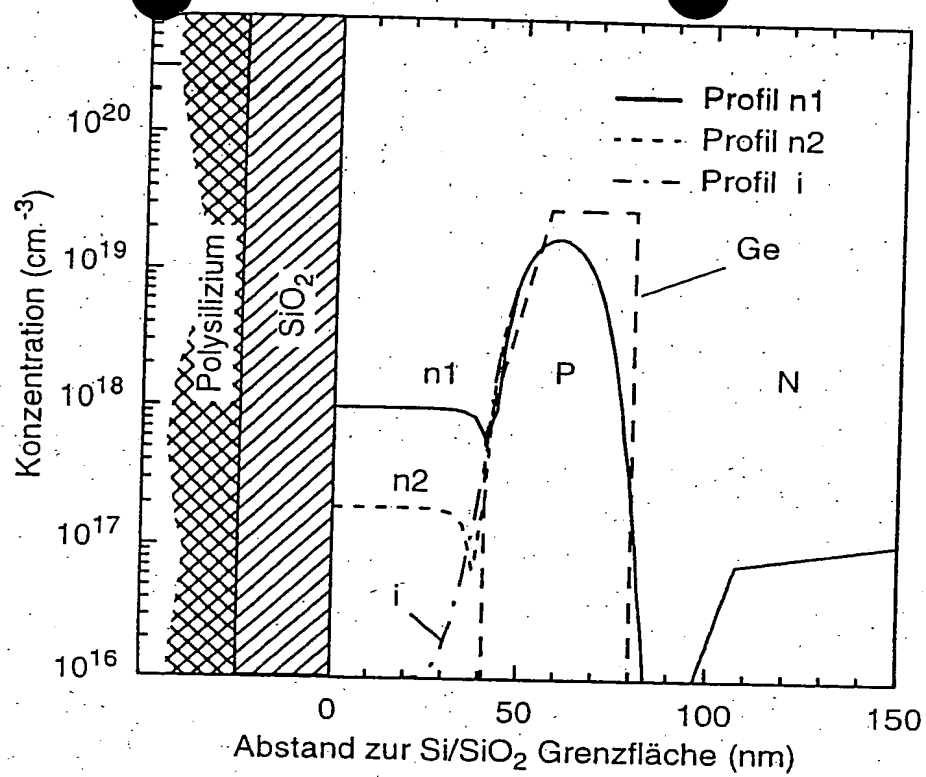


Fig. 3

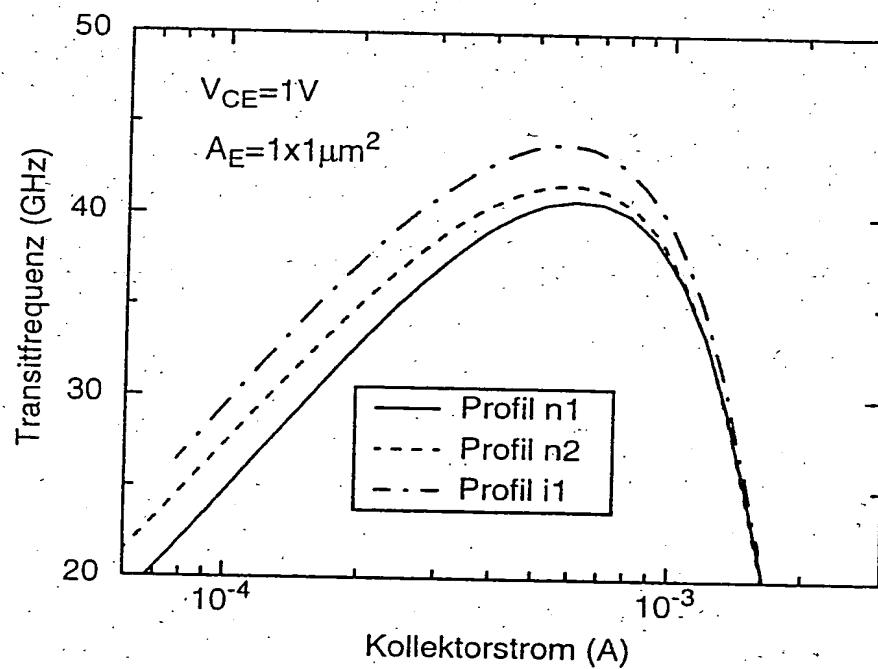


Fig. 4

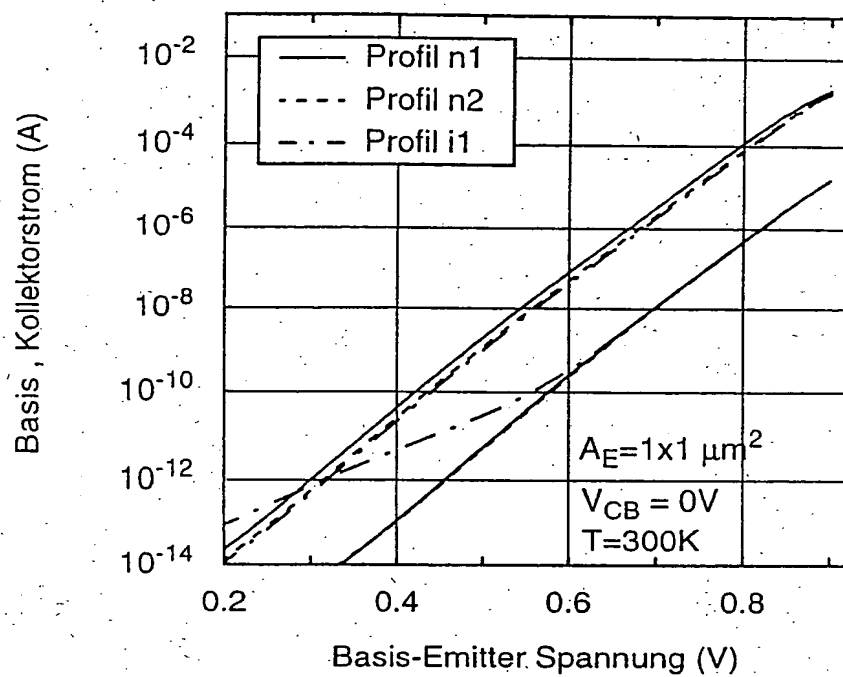


Fig. 5

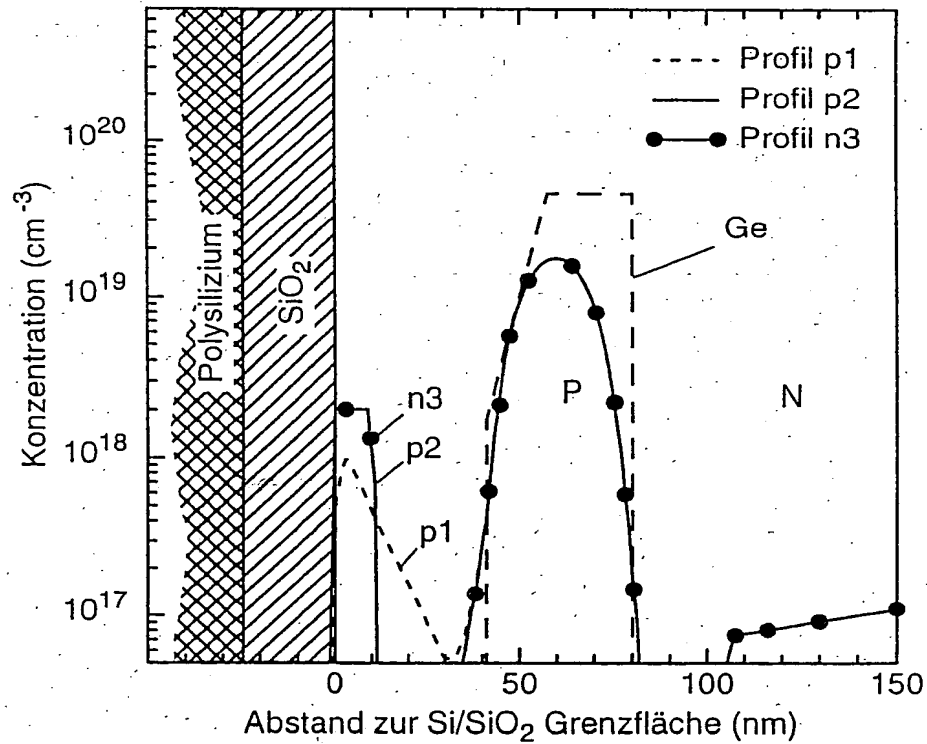


Fig. 6

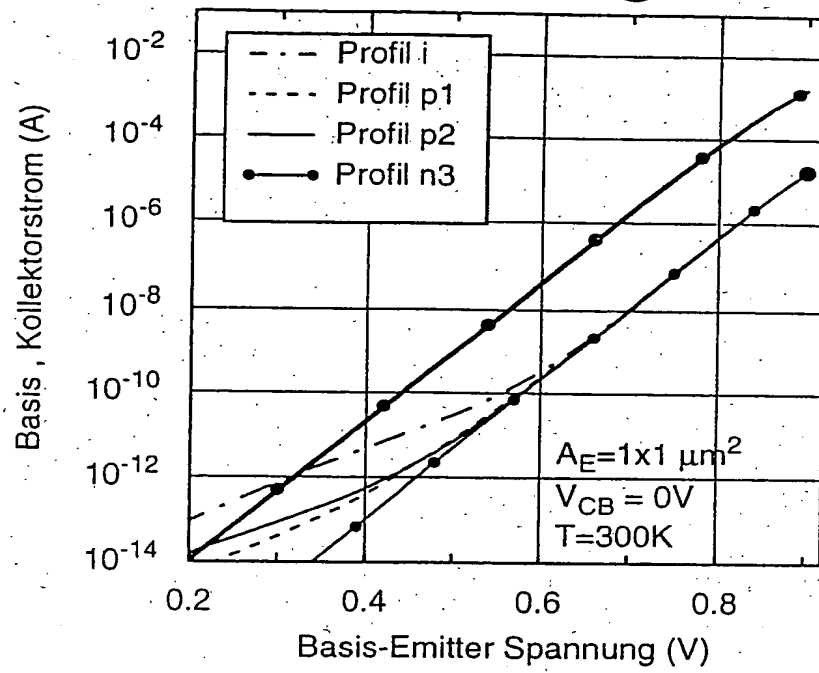


Fig. 7

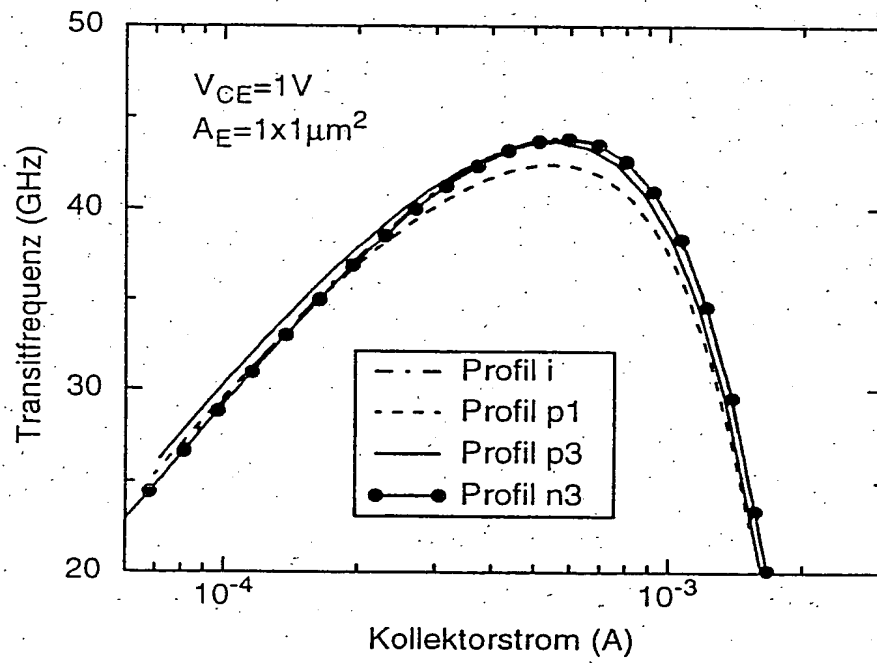


Fig. 8

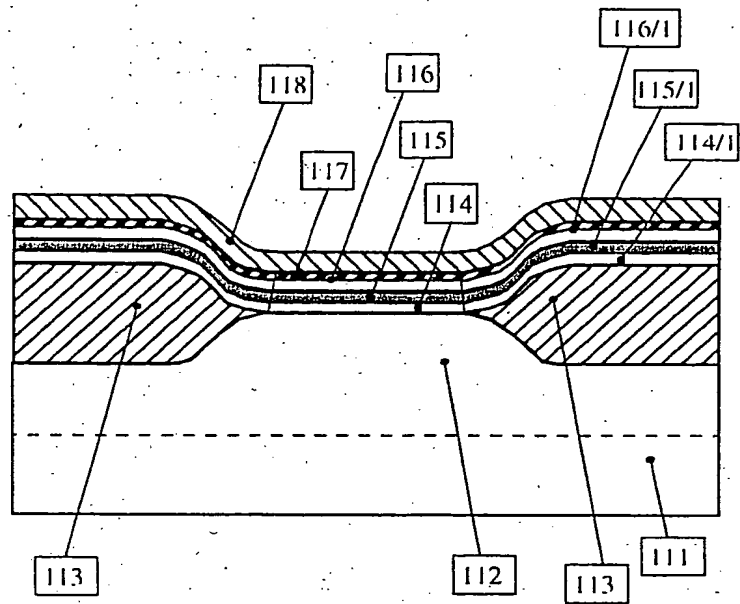


Fig. 9

Bipolartransistor und Verfahren zu seiner Herstellung

Die Erfindung betrifft einen Bipolartransistor und ein Verfahren zu seiner Herstellung.

5

Die Realisierung von epitaktisch hergestellten Silizium-Germanium-Heterobipolartransistoren (SiGe-HBT) sowie die kostensparende Vereinfachung der technologischen Prozesse gaben in jüngerer Zeit neue Impulse für die Weiterentwicklung von Si-Bipolartransistoren. Einen attraktiven Weg eröffnet in dieser Hinsicht die Verbindung einer epitaktisch erzeugten Basis mit den prozeßvereinfachenden Möglichkeiten einer Einzel-Polysilizium-Technologie.

Im Vergleich zu konventionell per Implantation oder Eindiffusion eingebrachten Basisprofilen können mit Hilfe epitaktisch hergestellter Silizium-Germanium-Basisschichten gleichzeitig kleinere Basisweiten und -schichtwiderstände erzeugt werden, ohne daß unbrauchbar kleine Stromverstärkungen oder hohe Leckströme in Kauf genommen werden müssen. Dabei sind elektrisch aktive Dotierstoffkonzentrationen in der Basis bis über $1 \cdot 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ realisiert worden, wie beispielsweise in A. Schüppen, A. Gruhle, U. Erben, H. Kibbel und U. König: 90 GHz f_{max} SiGe-HBTs, DRC 94, S. IIA-2, 1994 beschrieben. Um Leckströme durch Tunnelprozesse zu vermeiden, ist jedoch eine niedrig dotierte Zone zwischen den Hochkonzentrationsgebieten von Emitter und Basis nötig. Übersteigt nämlich die Basisdotierung Werte von $5 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$, und würde, wie bei implantierten Basisprofilen üblich, die Hochkonzentration des Emitters bis in die Basis hineinreichen, sind unakzeptabel hohe Tunnelströme die Folge. Im Unterschied zu implantierten Basisprofilen ist es bei Anwendung der Epitaxie problemlos möglich, gleichzeitig schmale Basisprofile sowie eine niedrig dotierte Zone (Cap-Schicht) zu erzeugen.

25

Fig. 1 zeigt schematisch den Emitterbereich eines SiGe-HBTs. Der Transistoraufbau gibt typische Merkmale eines Einzel-Polysiliziumprozesses wieder. Über einkristallinem Kollektorgebiet 11 wurde epitaktisch eine SiGe-Basis 12 und anschließend die Cap-Schicht 13 abgeschieden. Eine seitliche Isolation des Transistorgebietes ist in Fig. 1 nicht mit eingezeichnet. Wenn während des Epitaxieschrittes sowohl auf einkristallinem Substrat 11 als auch auf dem nicht dargestellten Isolatorgebiet Halbleitermaterial wächst (differentielle Epitaxie), ist es möglich, die gewachsenen Halbleiterschichten als Verbindung zwischen einem Kontakt auf Isolationsgebiet und dem inneren Transistor zu nutzen. Diese Verbindung sollte möglichst niederohmig ausgelegt sein. Daher wäre es günstig, wenn die Epitaxieschichtdicke unabhängig von der Basisweite eingestellt werden könnte. Über der Isolationsschicht 14, in die naßchemisch Emitterfenster geätzt wurden, ist eine Poly- oder α -Siliziumschicht 15 abgeschieden worden. Die α -Siliziumschicht 15 erhält während der Abscheidung oder nachträglich per Implantation eine Dotierung vom Leitfähigkeitstyp des Emitters und dient als Diffusionsquelle für die Emitterdotierung 16 im einkristallinen Substrat. Die Isolatorschicht 14 wird eingesetzt, um keine Schädigung der Cap-Schicht 13 bei der später erfolgten Strukturierung der polykristallinen α -Siliziumschicht 15 hinnehmen zu müssen. Im Überlappungsbereich 17 des Polysiliziums, dem Gebiet zwischen dem Rand des Emitterfensters und der äußeren Begrenzung der strukturierten Poly- oder α -Siliziumschicht 15, entsteht eine Schichtfolge, bestehend aus Halbleiter-, Isolator- und Halbleitermaterial. In Abhängigkeit von der Dotierung der Cap-Schicht 13, von Grenzflächenladungen und Rekombinationseigenschaften der Oberfläche sowie den Betriebsbedingungen des Transistors kann dieser Aufbau analog zu einer MOS-Kapazität eine Anreicherung aber auch Verarmung an beweglichen Ladungsträgern an der Oberfläche der Cap-Schicht 13 bewirken.

Bei flußgepolter Basis-Emitter-Diode können dadurch sowohl die Idealität des Basisstroms als auch die Niederfrequenz-Rauscheigenschaften beeinträchtigt werden. In Sperrichtung werden Generationsströme und Durchbruchsspannungen unter Umständen negativ beeinflusst.

- 5 Unter der Bedingung, daß wegen der Tunnelgefahr die Dotandenkonzentrationen in der Cap-Schicht das Niveau von $5 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ nicht übersteigen sollten, erhebt sich die Frage, in welcher Weise diese Zone geeignet zu dotieren ist. Im folgenden werden die bisher bekannten Varianten für npn-SiGe-HBTs diskutiert: Homogene n- oder p-Dotierungen nahe der Tunnelgrenze bzw. quasi undotierte Gebiete (i-Zone). In A.
- 10 Chantre, M. Marty, J. L. Regolini, M. Mouis, J. de Pontcharra, D. Dutartre, C. Morin, D. Gloria, S. Jouan, R. Pantel, M. Laurens, and A. Monroy: A high performance low complexity SiGe HBT for BiCMOS integration, BCTM '98, S. 93 - 96, 1998 wird eine p-Dotierung von ca. $5 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ verwendet. Hieraus resultiert der entscheidende Nachteil, daß die Cap-Schichtdicke in einem Toleranzbereich von wenigen
- 15 Nanometern an die Eindringtiefe des aus der Poly-Silizium-Emitter-Schicht ausdiffundierenden Dotierstoffes angepaßt sein muß. Größere Cap-Schichtdicken, die für eine niederohmige Verbindung der inneren Basis zu einem Anschluß auf Isolationsgebiet vorteilhaft wären, verbieten sich, da sonst die Wirkung des Germanium-Profils stark eingeschränkt wird. In A. Gruhle, C. Mähner: Low 1/f noise SiGe HBTs
- 20 with application to low phase noise microwave oscillators, Electronics Letters, Vol. 33, No. 24, S. 2050 - 2052, 1997, wird eine 100 nm dicke Cap-Schicht mit einer n-Konzentration von $1 \cdot 2 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ verwendet. Ähnliche Bedingungen werden in der EP-A-0 795 899 angegeben, wobei vorzugsweise eine Cap-Schicht-Dicke von 70 nm mit einer n-Dotierkonzentration von $2 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ eingesetzt wird. Obgleich bei
- 25 dieser Variante das Problem der Dickentoleranz der Cap-Schicht behoben und die

Gefahr von Tunnelströmen durch die Verringerung der Dotierstoffkonzentration in der Cap-Schicht beseitigt ist, sind auch hier die Möglichkeiten zur Reduktion der Basis-Emitter-Kapazität nicht optimal ausgeschöpft.

- 5 Dieser Nachteil läßt sich umgehen, wenn auf eine Cap-Dotierung weitgehend verzichtet wird, wie beispielsweise in B. Heinemann, F. Herzel und U. Zillmann: Influence of low doped emitter and collector regions on high-frequency performance of SiGe-base HBTs, Solid-St. Electron., Bd. 38(6), S. 1183 - 1189, 1995 beschrieben. Allerdings kann es dann leicht zu der oben beschriebenen Verarmung des Überlappungsgebietes 17 kommen. Diese Zusammenhänge werden im folgenden mit Hilfe zweidimensionaler Bauelementesimulation erläutert.

- Fig. 2 zeigt den in der Simulation verwendeten, vereinfachten Transistoraufbau. Die elektrische Wirkung der Oxid-Halbleitergrenzfläche im Überlappungsgebiet wird mit einer positiven Flächenladungsdichte von $1 \cdot 10^{11} \text{ cm}^{-2}$ sowie einer Oberflächenrekombinationsgeschwindigkeit von 1000 cm/s modelliert. In Fig. 3 sind Vertikalprofile entlang einer Schnittlinie senkrecht zum Überlappungsbereich dargestellt. Die Profile zeigen drei Dotierungsvarianten in der Cap-Schicht 13 und die in allen Fällen identisch vorgegebene, p-dotierte SiGe-Basis 12. Es werden folgende Cap-Dotierungen verglichen: quasi undotierte Cap-Schicht 13 (Profil i) und zwei homogene n-Dotierungen (Profil n1 mit $1 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ und Profil n2 mit $2 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$). Fig. 4 zeigt die Transitfrequenz als Funktion des Kollektorstromes für die verschiedenen Cap-Dotierungen. Insbesondere bei kleinen Kollektorströmen ist eine Zunahme der Transitfrequenz mit sinkendem Dotierungsniveau in der Cap-Schicht 13 zu erkennen. Während das Profil i vergleichsweise die besten Transitfrequenzen liefert, stellt sich als Nachteil jedoch heraus, daß sich die Idealität des Basisstromes (Fig. 5) im Gum-
- 15
20
25

mel-Plot gegenüber den Vergleichsprofilen spürbar verschlechtert hat.

Aufgabe der Erfindung ist es, einen Bipolartransistor und ein Verfahren zu seiner Herstellung anzugeben, bei dem die beschriebenen Nachteile konventioneller Anordnungen überwunden werden, um insbesondere minimale Basis-Emitter-Kapazitäten und beste Hochfrequenzeigenschaften zu realisieren, ohne daß die statischen Eigenschaften eines Bipolartransistors mit schwach dotierter Cap-Schicht, vor allem die Basisstromidealität und das Niederfrequenz-Rauschen, spürbar verschlechtert werden und die Prozeßkomplexität zunimmt.

- 10 Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch die Einbringung eines speziellen Dotierungsprofils in eine epitaktisch erzeugte Cap-Schicht (Cap-Dotierung) gelöst. Mit Hilfe dieses Dotierungsprofils wird erreicht, daß eine minimale Basis-Emitter-Kapazität und beste Hochfrequenzeigenschaften erreicht werden können, aber auch die generations-/rekombinationsaktive Grenzfläche zwischen Cap-Schicht und Isola-
- 15 tor im Polysilizium-Überlappingsgebiet im interessanten Arbeitsbereich des Transistors in ihrer Wirksamkeit eingeschränkt und die Basisstromidealität verbessert wird. Entscheidend für die guten Hochfrequenzeigenschaften ist der nur schwach, vorzugsweise kleiner als $5 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ dotierte basisseitige Abschnitt in der Cap-Schicht mit einer bevorzugten Dicke zwischen 20 nm und 70 nm.
- 20 Emitterseitig ist die Cap-Schicht höher dotiert. Wenn der Dotierstoff den Leitfähigkeitstyp der Basisschicht besitzt, werden zur Vermeidung von Tunnelströmen Dotierstoffkonzentrationen in der Cap-Schicht von vorzugsweise kleiner als $5 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ eingesetzt.

Vorzugsweise wird das Cap-Dotierungsprofil mittels Implantation oder in situ während des Epitaxieschrittes eingebracht.

Die Merkmale der Erfindung gehen außer aus den Ansprüchen auch aus der Beschreibung und den Zeichnungen hervor, wobei die einzelnen Merkmale jeweils für sich allein oder zu mehreren in Form von Unterkombinationen schutzfähige Ausführungen darstellen, für die hier Schutz beansprucht wird. Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden im folgenden näher erläutert.

10 Die Zeichnungen zeigen:

Fig. 1 Schematische Darstellung des Emittergebietes eines Bipolartransistors, hergestellt in einer Einzel-Polysilizium-Technologie mit epitaktisch abgeschiedener Basis,

15 Fig. 2 Schematische Darstellung des Simulationsgebietes für den Bipolartransistor nach Fig. 1 (nicht maßstabsgerecht),

Fig. 3 Vertikale Dotierungsprofile unter dem Überlappungsbereich für verschiedene Cap-Dotierungen,

20 Fig. 4 Transit-Frequenz als Funktion der Kollektorstromdichte für unterschiedliche Dotierungsprofile,

Fig. 5 Gummel-Plots für verschiedene Dotierungsprofile,

Fig. 6 Vertikale Dotierungsprofile unter dem Überlappungsbereich für verschiedene Cap-Dotierungen,

Fig. 7 Gummel-Plots für verschiedene Dotierungsprofile,

25

Fig. 8 Transit-Frequenz als Funktion der Kollektorstromdichte für unterschiedliche Dotierungsprofile und

Fig. 9 Schematische Darstellung eines Bipolartransistors während der Herstellung.

- 5 Die Merkmale und Wirkungsweise der erfindungsgemäßen Cap-Dotierungsprofile werden mit Hilfe zweidimensionaler Bauelementesimulation an einem npn SiGe-HBT beschrieben. Die Darlegungen lassen sich in entsprechender Weise auf einen pnp-Transistor übertragen.
- 10 Fig. 6 zeigt charakteristische Beispiele für die hier vorgeschlagenen Vertikalprofile in der Cap-Schicht 13 entlang einer Schnittlinie senkrecht zum Überlappungsbereich. Das Cap- „Profil p1“ ist zur Cap-Schicht-Oberfläche hin ansteigend und erreicht dort mit ca. $9 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ seine maximale Konzentration, während die 10 nm breiten, kastenähnlichen Profile „p2 und n3“ mit $2 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ dotiert sind. Die Profile p1 und p2
- 15 sind vom p-Leitfähigkeitstyp, n3 vom n-Typ. In Fig. 7 sind Gummel-Plots zu den Profilen p1, p2 und n3 dargestellt, wobei zum Vergleich die Kennlinien vom Profil i aus Fig. 5 übernommen wurden. Fig. 7 zeigt deutlich die Verbesserung der Idealität der Basisstromkennlinien bei Verwendung der Cap-Dotierung gegenüber dem Verhalten von Profil i. Die dynamischen Berechnungen zu diesen Profilen führen zu dem
- 20 in Fig. 8 wiedergegebenen Ergebnis: Im Unterschied zu den homogenen Dotierungen n1 und n2 mit Konzentrationen von $1 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ und $2 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ ist für die Cap-Profile p1, p2 und n3 keine Verschlechterung der Transitfrequenzen im Vergleich zu Profil i zu erkennen. Entscheidend für die guten Hochfrequenzeigenschaften ist der nur schwach, vorzugsweise kleiner als $5 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ dotierte Abschnitt in der Cap-Schicht

mit einer bevorzugten Dicke von mindestens 20 nm. Die Resultate weisen darauf hin, daß im hier betrachteten Beispiel sowohl mit n- als auch mit p-Profil in der Cap-Schicht annähernd gleichwertige Ergebnisse erreichbar sind.

Welcher Dotierungstyp in der Praxis zu bevorzugen ist, hängt z. B. davon ab, welchen Typ und welche Dichte die Ladungen an der Si/Isolator-Grenzfläche oder im Isolator besitzen oder welche Herstellungsverfahren für die Cap-Dotierung in Frage kommen. So lassen sich die vorgeschlagenen Profile z. B. per Implantation einbringen. Diese Variante ist jedoch nur dann zu bevorzugen, wenn die Auswirkungen von Punktdefekten auf das Basisprofil kontrollierbar sind. Würde es infolge der Ausheilung von Punktdefekten zu einer verstärkten Diffusion der Basisdotierung aus der SiGe-Schicht kommen und hierdurch die elektrischen Eigenschaften unakzeptabel verschlechtert werden, sind andere Dotierungsvarianten nötig. Zum Beispiel bietet sich eine in situ Dotierung während der Epitaxie an. Bei diesem Vorgehen wird der Typ der Cap-Dotierung mitbestimmt von der Sicherheit und Einfachheit des Abscheideprozesses.

Im folgenden wird die Herstellung eines Bipolartransistors gemäß der Erfindung am Beispiel eines npn SiGe-HBTs dargelegt. Die dabei vorgestellte Verfahrensweise kann ebensogut auf pnp-Transistoren übertragen werden. Außerdem ist es erfindungsgemäß auch möglich, auf eine Epitaxie der Basisschicht zu verzichten und das Basisprofil vor der epitaktischen Herstellung einer Cap-Schicht per Implantation einzubringen.

Wie in Fig. 9 dargestellt, wurden auf einer einkristallinen Substratschicht 111 vom Leitfähigkeitstyp I strukturierte Gebiete, bestehend aus einem Kollektorbereich 112 vom Leitfähigkeitstyp II, sowie diesen umgebende Isolationsgebiete 113 erzeugt. Sind Emitter und Kollektor z.B. n-leitend, ist die Basis vom p-Typ bzw. umgekehrt.

Es sind verschiedene geeignete Isolationstechniken bekannt, wie z.B. LOCOS-Prozesse, verspacerte Mesa-Anordnungen bzw. tiefe oder flache Trenchisolationen.

Auf der Basis differentieller Epitaxie wird ganzflächig die Pufferschicht 114, die SiGe-Schicht mit in-situ Dotierung der Basisschicht 115 vom Leitfähigkeitstyp I sowie die Cap-Schicht 116 erzeugt.

Während die Pufferschicht 114, die Basisschicht 115 und Cap-Schicht 116 einkristallin über dem Silizium-Substrat wachsen, entstehen polykristalline Schichten 114/1;115/1;116/1 über dem Isolationsgebiet 113. Nach photolithografischer Maskierung werden Trockenätztechniken eingesetzt, um die Epitaxieschicht in denjenigen Gebieten zu entfernen, in denen keine Transistoren entstehen.

Verwendet man anstelle differentieller eine selektive Epitaxie, bei der ein Wachstum ausschließlich über Siliziumuntergrund erfolgt, entfällt im Unterschied zum Prozeßablauf mit differentieller Epitaxie die Strukturierung des Epitaxiestapels.

Im folgenden Schritt werden die Siliziumgebiete mit einer Isolationsschicht 117 abgedeckt. Es ist möglich, dies durch thermische Oxidation und/oder Abscheidung zu erreichen. Es können Schichtstapel von Dielektrika, z. B. Siliziumoxid und -nitrid, eingesetzt werden. Außerdem kann die elektrisch isolierende Schicht mit einer Polysiliziumschicht bedeckt sein, um zusätzliche Freiheitsgrade für den späteren Prozeßablauf offenzuhalten.

Als wesentlich im Sinne des erfindungsgemäßen Verfahrens ist die Realisierung des Cap-Dotierungsprofils in einer epitaktisch hergestellten Cap-Schicht anzusehen. Es besteht die Möglichkeit, ähnliche Profile wie die in Fig. 6 gezeigten, in situ während der Epitaxie einzubringen. Des weiteren kann durch Implantation vor oder nach Herstellung der Isolationsschicht 117 ein flaches Profil erzeugt werden. Außerdem sind

verschiedene Verfahren zur Eindiffusion derartiger Profile bekannt. Dafür kann auch eine mit Dotierstoff hochangereicherte Isolatorschicht dienen. Ein Ausdiffusionsschritt kann vor oder nach weiteren Prozeßschritten erfolgen. Insbesondere bei Anwendung solcher Prozeßschritte wie Implantation, Eindiffusion oder thermischer Oxidation, die eine beschleunigte Diffusion der Dotanden hervorrufen können, ist der Einsatz eines diffusionshemmenden Zusatzstoffes in Kollektor, Basis oder Cap-Schicht 116, wie z. B. Kohlenstoff, sinnvoll.

Die Transistorherstellung kann nun fortgesetzt werden mit der Strukturierung einer Lackmaske zur Öffnung des Emitterfensters. Dort werden die Deckschichten mit Hilfe bekannter Ätzverfahren abgetragen. Um gute Transistoreigenschaften zu erzielen, sind vorzugsweise Naßätztechniken beim Freilegen der Halbleiteroberfläche anzuwenden.

Der Prozeß wird fortgesetzt mit der Abscheidung einer amorphen Siliziumschicht für die Bildung des Polysiliziumemitters. Diese kann bereits in-situ während oder im Anschluß an die Abscheidung durch Implantation dotiert werden.

Der Prozeß wird mit konventionellen Schritten der Strukturierung, Implantation und Passivierung fortgesetzt. Zur Ausheilung der Implantationsschäden und zur Formierung des Poly-Emitters werden erforderliche Hoch-Temperaturschritte durchgeführt. Der Prozeß wird vervollständigt mit dem Öffnen der Kontaktlöcher für Emitter, Basis und Kollektor und einer Standardmetallisierung für die Transistorkontakte.

In der vorliegenden Erfindung wurden anhand konkreter Ausführungsbeispiele ein Bipolartransistor und ein Verfahren zu seiner Herstellung erläutert. Es sei aber vermerkt, daß die vorliegende Erfindung nicht auf die Einzelheiten der Beschreibung im

Ausführungsbeispiel eingeschränkt ist, da im Rahmen der Patentansprüche Änderungen und Abwandlungen beansprucht werden.

Patentansprüche

5

1. Verfahren zur Herstellung eines Bipolartransistors, bei dem auf einer einkristallinen Substratschicht (111) strukturierte Gebiete, bestehend aus einem Kollektorbereich (112), sowie diesen umgebende Isolationsgebiete (113) erzeugt werden, über dem Kollektorbereich (112) eine Basisschicht (115), wobei eine dazwischenliegende Pufferschicht (114) abgeschieden werden kann und mittels Epitaxie eine Cap-Schicht (116) hergestellt werden, über der Cap-Schicht (116) eine Isolationsschicht (117) abgeschieden und diese im Bereich des wirksamen Emittergebietes geöffnet wird, über der geöffneten Isolationsschicht (117) eine Poly- oder α -Si-Schicht abgeschieden, strukturiert und als Emitterdotierstoffquelle und Kontaktschicht genutzt wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß vor dem Eindiffusionsschritt aus der Emitterdotierstoffquelle ein Dotierungsprofil in die Cap-Schicht (116) eingebracht wird, welches basisseitig schwach und emitterseitig höher dotiert ist.

20

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die basisseitig schwächere Dotierstoffkonzentration der Cap-Schicht (116) Werte von $5 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ nicht übersteigt.

25 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Cap-Schicht (116) eine Schichtdicke zwischen 20 nm und 70 nm besitzt.

4. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die emitterseitig höhere Dotierstoffkonzentration der Cap-Schicht (116) Werte von $5 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ nicht übersteigt, wenn der Dotierstoff den Leitfähigkeitstyp der Basisschicht (115) besitzt.
- 5
5. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Cap-Dotierungsprofil mittels Implantation eingebracht wird.
- 10
6. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Cap-Dotierungsprofil in situ während des Epitaxieschrittes eingebracht wird.
- 15
7. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Cap-Dotierungsprofil durch Ausdiffusion aus der mit Dotierstoff hochangereicherten Isolationsschicht (117) erzeugt wird.
- 20
8. Bipolartransistor, bei dem auf einer einkristallinen Substratschicht (111) strukturierte Gebiete, bestehend aus einem Kollektorbereich (112), sowie diesen umgebende Isolationsgebiete (113) erzeugt werden, über dem Kollektorbereich (112) eine Basisschicht (115), wobei eine Pufferschicht (114) dazwischen liegen kann und mittels Epitaxie eine Cap-Schicht (116) hergestellt werden, über der Cap-Schicht (116) eine Isolationsschicht (112) abgeschieden und diese im Bereich des wirksamen Emittergebietes geöffnet wird, über der
- 25

geöffneten Isolationsschicht (117) eine Poly- oder α -Si-Schicht abgeschieden, strukturiert und als Emitter-Dotierstoffquelle und Kontaktschicht genutzt wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß im Überlappungsbereich (17), dem Gebiet zwischen dem Rand des Emitterfensters und der äußeren Begrenzung der strukturierten Poly- oder α -Siliziumschicht (15), die Cap-Schicht (13/116) ein Dotierungsprofil enthält, welches basisseitig schwach und emitterseitig höher dotiert ist.

9. Bipolartransistor nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß die basisseitig schwächere Dotierstoffkonzentration der Cap-Schicht (13/116) Werte von $5 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ nicht übersteigt.
10. Bipolartransistor nach einem oder mehreren der Ansprüche 8 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Cap-Schicht (13/116) eine Schichtdicke zwischen 20 nm und 70 nm besitzt.
11. Bipolartransistor nach einem oder mehreren der Ansprüche 8 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß die emitterseitig höhere Dotierstoffkonzentration der Cap-Schicht (13/116) Werte von $5 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ nicht übersteigt, wenn der Dotierstoff den Leitfähigkeitstyp der Basisschicht (12,115) besitzt.

Bi-polar transistor and a procedure for its manufacture

The invention relates to a bi-polar transistor and a procedure for its manufacture.

The implementation of epitaxially manufactured silicon-germanium hetero-bi-polar transistors (SiGe HBT) and the [resulting] cost-reducing simplification of the technological processes have lately provided a new impetus for a further development of Si bi-polar transistors. In this respect, the combination of an epitaxially produced base with the process-simplifying possibilities of the single polysilicon technology offers an attractive direction of development.

In comparison with conventional base profiles produced by implantation or diffusion, silicon-germanium base layers made by epitaxy allow producing, simultaneously, smaller base widths and base layer resistance without unusable small current gains or high leakage currents. The technology allows implementation of a concentration of the active doping agent of up to $1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$, as is described – for example – in *A. Schüppen, A. Gruhle, U. Erben, H. Kibbel und U. König: 90 GHz f_{max} SiGe-HBTs, DRC 94, page IIA-2, 1994*. However, in order to prevent leakage currents due to tunnel processes, a low-doped region is required between the high-concentration zones of the emitter and the base. As a matter of fact, if the base doping exceeds the value of $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$, and if the high concentration of the emitter reaches down to the base – as is usual with implanted base profiles – the consequence is the existence of unacceptably high tunnel currents. As opposed to implanted base profiles, the application of epitaxy allows, simultaneously and without any problems, the production of narrow base profiles and a low-doped region (cap layer).

Figure 1 illustrates the emitter zone of a SiGe HBT. This transistor design reflects typical characteristics of a single poly-silicon process. An SiGe base 12 and subsequently a cap layer 13 were deposited over a monocrystal collector zone 11. Figure 1 does not show a lateral insulation of the transistor zone. If semiconductor material grows both on the monocrystal substrate 11 and on the insulator zone – not shown in the picture – (i.e., differential epitaxy), it is possible to utilize the grown semiconductor layers as a connection between a contact on the insulation zone and the inner transistor. Such a connection should be designed with as low impedance as possible. This is why it would be advantageous if the epitaxial layer thickness could be set up independently from the base width. A poly-silicon or an α -silicon layer 15 is deposited on an insulation layer 14, in which emitter windows were etched by means of a wet-chemical etching process. During the deposition or subsequently, the α -silicon layer 15 obtains – by implantation – a doping of the emitter's conductivity type and serves as diffusion source for the emitter doping 16 in the monocrystal substrate. Insulator layer 14 is applied in order to prevent damage to cap layer 13 during the structuring of the polycrystal α -silicon layer 15 performed later. In the overlapping region 17 – a zone between the edge of the emitter window and the outer delimitation of the structured poly-silicon or α -silicon layer 15, a layer sequence arises consisting of semiconductor material, insulator material and semiconductor material. Depending on the doping of the cap layer 13, the interfacial charges and the recombination properties of the surface as well as on the operation conditions of the transistor, this design can cause – analogous to a MOS capacity – an enhancement but also a depletion of mobile charge carriers on the

surface of the cap layer 13. With a forward-current base-emitter diode, this can affect both the ideal nature of the base current and the low-frequency noise properties. Under certain circumstances, generation currents and breakdown voltage in the non-conducting direction can be affected. The condition that – due to the tunnel [currents] danger – the doping agent concentration should not exceed the value of $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ leads to the question, by means of which procedure this zone should be suitably doped. The following text discusses the variants for SiGe HBT so far known: homogeneous n-doping or p-doping near the tunnel limit or quasi undoped zones (i-zones). *A. Chantre, M. Marty, J.L. Regolini, M. Mouis, J. de Pontcharra, D. Duttre, C. Morin, D. Gloria, S. Jouan, R. Pantel, M. Laurens and A. Monroy: A high performance low complexity SiGe HBT for BiCMOS integration, BCTM '98, 1998, pages 93 – 96* uses a p-doping of about $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$. This results in a decisive disadvantage in that the thickness of the cap layer must be set up within a tolerance range of a few nanometers from the penetration depth of the doping agent diffusing from the poly-silicon emitter layer. Greater cap layer thickness values (which would be advantageous for a low-impedance connection between the inner base and a connector in the insulation zone) are not possible since it would negatively affect the effect of the germanium profile. *A. Gruhle, C. Mähner: Low l/f noise SiGe HBTs with application to low phase noise microwave oscillators, Electronics Letters, Vol. 33, No. 24, 1997, pages 2050 – 2052* uses a cap layer 100 nm thick with an n-concentration of $1 - 2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$. Although this variant eliminates the problem of the thickness tolerance, and avoids the danger of tunnel currents by reducing the doping agent concentration in the cap layer, it still does not take full advantage of the possibilities of reducing the base-emitter capacity.

This disadvantage can be eliminated by not doping the cap layer as is described, for example, in *B. Heinemann, F. Herzel and U. Zillmann: Influence of low doped emitter and collector regions on high-frequency performance SiGe-base HBTs, Solid-St. Electron, 1995, Volume 38(6), pages 1183 - 1189*. However, it can easily lead to a depletion of the aforementioned overlapping region 17. These connections are explained in further text by means of a two-dimension design element simulation.

Figure 2 shows the simplified transistor design used in the simulation. The electrical effect of the oxide semiconductor surface in the overlapping region is modeled by means of a positive surface charge density of $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-2}$ and a surface recombination speed of 1000 cm/s. Figure 3 illustrates vertical profiles along a section line horizontal to the overlapping region. The profiles show three doping variants in the cap layer 13 and a p-doped SiGe base 12 identical for all three cases. The following cap doping cases are compared: a quasi undoped cap layer 13 (profile i) and two homogeneous n-dopings (profile n1 with $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ and profile n2 with $2 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$). Figure 4 shows the transition frequency as a function of the collector current for various doping variants. Especially with small collector currents, an increase in transition frequency with a falling doping level in the cap layer 13 can be noticed. While profile i provides relatively best transition frequencies, it has, however, the disadvantage that the ideal nature of the base current (Figure 5) is noticeably affected in comparison with the other profiles.

The task of this invention is to indicate a bi-polar transistor and a procedure for its manufacture that eliminates the described disadvantages of conventional arrangements, in order to achieve especially minimal base-emitter capacities and best high-frequency properties without noticeably affecting the static properties of the bi-polar transistor with a low-doped cap layer -

above all the ideal nature of the base current and low-frequency noise – and without increasing the process complexity.

This invention fulfills this task by introducing a special doping profile into an epitaxially produced cap layer (cap doping). This doping profile allows achieving a minimal base-emitter capacity and best high-frequency properties, but also restricts the effect of a generation-active and recombination-active interface between the cap layer and the insulator in the overlapping poly-silicon region in the interesting function range of the transistor, and improves the ideal nature of the base current.

Decisive for the good high-frequency properties is the base-side section in the cap layer of a preferable thickness between 20 nm and 70 nm with low-concentration doping, preferably less than $5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$.

On the emitter side, the cap layer is doped more highly. If the doping agent is of a conductivity type like the base layer, the doping agent concentration applied in the cap layer is preferably less than $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ in order to prevent tunnel currents.

The cap doping profile is preferably introduced by implantation in situ during the epitaxy procedure.

The characteristics of this invention are clear from the claims and also from the description and the drawings, where each characteristic – either individually or several characteristics in the form of sub-combinations – represent patentable designs, for which protection is demanded herein. Design examples are illustrated in the drawings and are explained in more detail in further text.

The drawings show:

- Figure 1: A schematic illustration of the emitter zone of a bi-polar transistor manufactured with a single poly-silicon technology with an epitaxially deposited base,
- Figure 2: A schematic illustration of the simulation region for the bi-polar transistor according to Fig. 1 (not in correct scale),
- Figure 3: Vertical doping profiles under the overlapping region for various cap doping levels,
- Figure 4: Transition frequency as a function of the collector current density for various doping profiles,
- Figure 5: Graphs for various doping profiles,
- Figure 6: Vertical doping profiles under the overlapping region for various cap doping levels,

Figure 7: Graphs for various doping profiles,

Figure 8: Transition frequency as a function of the collector current density for various doping profiles, and

Figure 9: A schematic illustration of a bi-polar transistor during the manufacturing process.

The characteristics and effects of the cap doping profiles according to this invention are described by means of a two-dimensional element simulation on an npn SiGe HBT. The explanation can be applied to a pnp transistor accordingly.

Figure 6 shows characteristic examples for the vertical profiles (as proposed herein) in the cap layer 13 along a section line horizontal to the overlapping region. The [doping agent concentration of the] cap "profile p1" is growing in direction to the surface of the cap layer and reaches there its maximum concentration with about $9 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$, whereas the box-like profiles "p2" and "n3" are 10 nm wide and doped with $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$. The profiles p1 p2 are of a p conductivity type, profile n3 is of n-type. Figure 7 shows "Gummel" graphs to profiles p1, p2 and n3, when the characteristics of profile 1 from Fig. 5 were taken over for comparison. Figure 7 shows a clear improvement in the characteristics of the base current when cap doping is used as compared with the behavior of profile i. Dynamic calculations to these profiles lead to the results shown in Figure 8: Unlike the homogeneous dopings n1 and n2 with concentrations of $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ and $2 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$, profiles p1, p2 and n3 demonstrate no noticeable deterioration of transition frequencies in comparison with profile i. Decisive for the good high-frequency properties is the section in the cap layer of a preferable thickness of at least 20 nm with low-concentration doping, preferably less than $5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$. The results indicate that, in the example shown here, n-profiles and n-profiles in the cap layer can achieve comparable results.

In practice, the decision which doping type should be applied depends on the circumstance, e.g., of which type and density are the charges on the Si/insulator interface or in the insulator, or which manufacturing procedure can be used for the cap doping process. So, e.g., the proposed profiles can be introduced by implantation. However, this variant should be preferred only if the effects of point defects on the base profile can be controlled. Should the curing of the point defects lead to an increased diffusion of the base doping from the SiGe layer and, therefore, to an unacceptable deterioration of the electrical properties, other doping variants are required. For example, an in situ doping during the epitaxy process is possible. During this procedure, the type of the cap doping is co-determined by the safety and simplicity of the deposition process. The following text explains the manufacturing of a bi-polar transistor according to this invention on the example of an npn SiGe HBT. The revealed procedure can be applied to pnp transistors as well. In addition, according to this invention it is also possible not to use an epitaxy process on the base layer and, instead, introduce the base profile by implantation before the epitaxial manufacturing of the cap layer.

As illustrated in Figure 9, structured regions consisting of a collector region 112 of the conductivity type II and an insulation region 113 (which surrounds the collector region 112) were produced on a monocrystal substrate layer 111 of the conductivity type I. If the emitter and

the collector are, e.g., n-conductive, the base is of the p-type and vice versa. Various suitable insulation techniques are known such as LOCOS processes, spaced mesa arrangements or deep or flat trench insulation.

On the basis of a differential epitaxy process, a buffer layer 114, a SiGe layer with in-situ doping of the base layer 115 of the conductivity type I and a cap layer 116 are applied on the entire surface.

While the buffer layer 114, the base layer 115 and the cap layer 116 grow – as monocrystal materials – on the silicon substrate, polycrystal layers 114/1, 115/1 and 116/1 arise over the insulation zone 113. After photolithographic masking, dry-etching techniques are applied to remove the epitaxy layer in those regions in which no transistors arise.

If a selective epitaxy process is used instead of differential epitaxy, where growth occurs exclusively on the silicon underground, the structuring of the epitaxy layer stack is eliminated.

In the following step, the silicon regions with an insulation layer 117 are exposed. This can be achieved by means of thermal oxidation and/or deposition. Layer stacks of dielectrics such as silicon oxide and silicon nitride can be applied. Besides that, the electrically conductive layer can be covered with a poly-silicon layer in order to maintain additional flexibility for the process at a later stage.

Essential from the point of view of the procedure according to this invention is the implementation of the cap doping profile in an epitaxially produced cap layer. There is a possibility to introduce similar profiles, as shown in Figure 6, in situ during the epitaxy process. Furthermore, a flat profile can be produced by implantation before or after the production of the insulation layer 117. In addition, various procedures for the diffusion of such profiles are also known. This can also be performed by means of an insulation layer highly enriched with the doping agent. A diffusion step can occur before or after further procedure steps. The use of diffusion-preventing ingredients in the collector, the base and the cap layer 116 such as carbon is especially useful if certain processes are used such as implantation, diffusion or thermal oxidation, which can cause an accelerated diffusion of the doping agents.

The transistor manufacturing process can now proceed with the structuring of a coating mask for the opening of the emitter window. In this step, the cover layers are removed in well-known etching procedures. In order to achieve good transistor properties, preferably wet-etching techniques should be used to expose the semiconductor surface.

The process continues with the deposition of an amorphous silicon layer for the creation of a poly-silicon emitter. This layer can be doped in situ by implantation during or immediately after the deposition.

The process then continues with conventional steps of structuring, implantation and passivation. The required high-temperature steps are taken to cure implantation defects and to form the poly-emitter. The manufacturing process is completed with the opening of the contact

apertures for the emitter, the base and the collector and with a standard metallization of the transistor contacts.

This invention explains, on the basis of concrete design examples, a bi-polar transistor and a procedure for its manufacture. However, notice must be taken that this invention is not restricted to the particulars of the description of any particular design example, since, within the patent claims, changes and deviations are also subject to patent protection.

Patent claims

1. A procedure for the manufacture of a bi-polar transistor, during which structured regions consisting of a collector region (112) and an insulation region (113) - which surrounds the collector region (112) - are produced on a monocrystal substrate layer (111), a base layer (115) and, by means of epitaxy, a cap layer (116) are produced over the collector zone (112), an insulation layer (117) is deposited over the cap layer (116), the insulation layer (117) is opened in the area of the effective emitter zone, a poly-Si or an α -Si layer is deposited and structured over the opened insulation layer (117) and is then used as an emitter-doping agent source and as a contact layer, **characterized in that** a doping profile is introduced into the cap layer (116), and the profile is low-doped on the base side and highly doped on the emitter side.
2. A procedure according to claim 1, **characterized in that** the base-side lower doping concentration of the cap layer (116) does not exceed values of $5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$.
3. A procedure according to claims 1 or 2, **characterized in that** the base-side lower doping concentration of the cap layer (116) does not exceed the thickness of 70 nm.
4. A procedure according to one or several of the preceding claims, **characterized in that** the base-side lower doping concentration of the cap layer (116) of a layer thickness of 20 nm does not exceed values of $5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$.
5. A procedure according to one or several of the preceding claims, **characterized in that** the emitter-side high doping concentration of the cap layer (116) does not exceed values of $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ if the doping agent is of the same conductivity type as the base layer (115).
6. A procedure according to one or several of the preceding claims, **characterized in that** the cap doping profile is introduced by implantation.
7. A procedure according to one or several of the preceding claims, **characterized in that** the cap doping profile is introduced in situ during the epitaxy process.
8. A procedure according to one or several of the preceding claims, **characterized in that** the cap doping profile is introduced by diffusion from the insulation layer (117) that had been highly enriched with the doping agent.

9. A procedure according to one or several of the preceding claims, **characterized in that** the base is produced by epitaxy.
10. A procedure according to one or several of the preceding claims, **characterized in that** the base layer (115) is implemented as an SiGe layer by epitaxy.
11. A procedure according to one or several of the preceding claims, **characterized in that** a diffusion-preventing ingredient is introduced into the collector zone (112), the base layer (115) and/or the emitter zone.
12. A procedure according to one or several of the preceding claims, **characterized in that** carbon is introduced as a diffusion-preventing ingredient.
13. A procedure according to one or several of the preceding claims, **characterized in that** boron in a concentration of over $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ is introduced into the base layer (115).
14. A bi-polar transistor, in which structured regions consisting of a collector region (112) and an insulation region (113) - which surrounds the collector region (112) - are produced on a monocrystal substrate layer (111), a base layer (115) and, by means of epitaxy, a cap layer (116) are produced over the collector zone (112), an insulation layer (117) is deposited over the cap layer (116), the insulation layer (117) is opened in the area of the effective emitter zone, a poly-Si or an α -Si layer is deposited and structured over the opened insulation layer (117) and is then used as an emitter-doping agent source and as a contact layer, **characterized in that** a doping profile is introduced into the cap layer (116), and the profile is low-doped on the base side and highly doped on the emitter side.
15. A bi-polar transistor according to claim 14, **characterized in that** the base-side lower doping concentration of the cap layer (116) does not exceed values of $5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$.
16. A bi-polar transistor according to claims 14 or 15, **characterized in that** the base-side lower doping concentration of the cap layer (116) of a layer thickness of at least 20 nm does not exceed values of $5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$.
17. A bi-polar transistor according to one or several of claims 14 to 16, **characterized in that** the base-side lower doping concentration of the cap layer (116) does not exceed the thickness of 70 nm.
18. A bi-polar transistor according to one or several of claims 14 to 17, **characterized in that** the emitter-side high doping concentration of the cap layer (116) does not exceed values of $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ if the doping agent is of the same conductivity type as the base layer (115).

Summary

The task of this invention is to indicate a bi-polar transistor and a procedure for its manufacture that achieves minimal base-emitter capacities and best high-frequency properties without noticeably affecting the static properties of the bi-polar transistor with a low-doped cap layer - above all the ideal nature of the base current and low-frequency noise – and without increasing the process complexity.

This invention fulfills this task by introducing a special doping profile into an epitaxially produced cap layer (cap doping). This doping profile allows achieving a minimal base-emitter capacity and best high-frequency properties, but also restricts the effect of a generation-active and recombination-active interface between the cap layer and the insulator in the overlapping poly-silicon region in the interesting function range of the transistor, and improves the ideal nature of the base current.

Decisive for the good high-frequency properties is the base-side section in the cap layer of a preferable thickness between 20 nm and 70 nm with low-concentration doping, preferably less than $5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$.

Figures 1 to 9:

Polysilizium = poly-silicon

SiGe-Basis = SiGe base

Kollektor = collector

Cap-Schicht = cap layer

Konzentration = concentration

Profil = profile

Abstand zur Si/SiO₂ Grenzfläche = distance to Si/SiO₂ surface

Transitfrequenz = transition frequency

Kollektorstrom = collector current

Basis = base

Spannung = voltage

Bi-polar transistor and a procedure for its manufacture

The invention relates to a bi-polar transistor and a procedure for its manufacture.

The implementation of epitaxially manufactured silicon-germanium hetero-bi-polar transistors (SiGe HBT) and the [resulting] cost-reducing simplification of the technological processes have lately provided a new impetus for a further development of Si bi-polar transistors. In this respect, the combination of an epitaxially produced base with the process-simplifying possibilities of the single polysilicon technology offers an attractive direction of development.

In comparison with conventional base profiles produced by implantation or diffusion, silicon-germanium base layers made by epitaxy allow producing, simultaneously, smaller base widths and base layer resistance without unusable small current gains or high leakage currents. The technology allows implementation of a concentration of the active doping agent of up to $1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$, as is described – for example – in *A. Schüppen, A. Gruhle, U. Erben, H. Kibbel und U. König: 90 GHz f_{max} SiGe-HBTs, DRC 94, page IIA-2, 1994*. However, in order to prevent leakage currents due to tunnel processes, a low-doped region is required between the high-concentration zones of the emitter and the base. As a matter of fact, if the base doping exceeds the value of $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$, and if the high concentration of the emitter reaches down to the base – as is usual with implanted base profiles – the consequence is the existence of unacceptably high tunnel currents. As opposed to implanted base profiles, the application of epitaxy allows, simultaneously and without any problems, the production of narrow base profiles and a low-doped region (cap layer).

Figure 1 illustrates the emitter zone of a SiGe HBT. This transistor design reflects typical characteristics of a single poly-silicon process. An SiGe base 12 and subsequently a cap layer 13 were deposited over a monocrystal collector zone 11. Figure 1 does not show a lateral insulation of the transistor zone. If semiconductor material grows both on the monocrystal substrate 11 and on the insulator zone – not shown in the picture – (i.e., differential epitaxy), it is possible to utilize the grown semiconductor layers as a connection between a contact on the insulation zone and the inner transistor. Such a connection should be designed with as low impedance as possible. This is why it would be advantageous if the epitaxial layer thickness could be set up independently from the base width. A poly-silicon or an α -silicon layer 15 is deposited on an insulation layer 14, in which emitter windows were etched by means of a wet-chemical etching process. During the deposition or subsequently, the α -silicon layer 15 obtains – by implantation – a doping of the emitter's conductivity type and serves as diffusion source for the emitter doping 16 in the monocrystal substrate. Insulator layer 14 is applied in order to prevent damage to cap layer 13 during the structuring of the polycrystal α -silicon layer 15 performed later. In the overlapping region 17 – a zone between the edge of the emitter window and the outer delimitation of the structured poly-silicon or α -silicon layer 15, a layer sequence arises consisting of semiconductor material, insulator material and semiconductor material. Depending on the doping of the cap layer 13, the interfacial charges and the recombination properties of the surface as well as on the operation conditions of the transistor, this design can cause – analogous to a MOS capacity – an enhancement but also a depletion of mobile charge carriers on the

surface of the cap layer 13. With a forward-current base-emitter diode, this can affect both the ideal nature of the base current and the low-frequency noise properties. Under certain circumstances, generation currents and breakdown voltage in the non-conducting direction can be affected. The condition that – due to the tunnel [currents] danger – the doping agent concentration should not exceed the value of $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ leads to the question, by means of which procedure this zone should be suitably doped. The following text discusses the variants for SiGe HBT so far known: homogeneous n-doping or p-doping near the tunnel limit or quasi undoped zones (i-zones). *A. Chantre, M. Marty, J.L. Regolini, M. Mouis, J. de Pontcharra, D. Dutrtre, C. Morin, D. Gloria, S. Jouan, R. Pantel, M. Laurens and A. Monroy: A high performance low complexity SiGe HBT for BiCMOS integration, BCTM '98, 1998, pages 93 – 96* uses a p-doping of about $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$. This results in a decisive disadvantage in that the thickness of the cap layer must be set up within a tolerance range of a few nanometers from the penetration depth of the doping agent diffusing from the poly-silicon emitter layer. Greater cap layer thickness values (which would be advantageous for a low-impedance connection between the inner base and a connector in the insulation zone) are not possible since it would negatively affect the effect of the germanium profile. *A. Gruhle, C. Mähner: Low 1/f noise SiGe HBTs with application to low phase noise microwave oscillators, Electronics Letters, Vol. 33, No. 24, 1997, pages 2050 – 2052* uses a cap layer 100 nm thick with an n-concentration of $1 - 2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$. EP-A-0 795 899 indicates similar conditions, where preferably a cap layer of a thickness of 70 nm with a n-doping concentration of $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ is used. Although this variant eliminates the problem of the thickness tolerance, and avoids the danger of tunnel currents by reducing the doping agent concentration in the cap layer, it still does not take full advantage of the possibilities of reducing the base-emitter capacity.

This disadvantage can be eliminated by not doping the cap layer as is described, for example, in *B. Heinemann, F. Herzel and U. Zillmann: Influence of low doped emitter and collector regions on high-frequency performance SiGe-base HBTs, Solid-St. Electron, 1995, Volume 38(6), pages 1183 - 1189*. However, it can easily lead to a depletion of the aforementioned overlapping region 17. These connections are explained in further text by means of a two-dimension design element simulation.

Figure 2 shows the simplified transistor design used in the simulation. The electrical effect of the oxide semiconductor surface in the overlapping region is modeled by means of a positive surface charge density of $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-2}$ and a surface recombination speed of 1000 cm/s. Figure 3 illustrates vertical profiles along a section line horizontal to the overlapping region. The profiles show three doping variants in the cap layer 13 and a p-doped SiGe base 12 identical for all three cases. The following cap doping cases are compared: a quasi undoped cap layer 13 (profile i) and two homogeneous n-dopings (profile n1 with $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ and profile n2 with $2 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$). Figure 4 shows the transition frequency as a function of the collector current for various doping variants. Especially with small collector currents, an increase in transition frequency with a falling doping level in the cap layer 13 can be noticed. While profile i provides relatively best transition frequencies, it has, however, the disadvantage that the ideal nature of the base current (Figure 5) is noticeably affected in comparison with the other profiles.

The task of this invention is to indicate a bi-polar transistor and a procedure for its manufacture that eliminates the described disadvantages of conventional arrangements, in order

to achieve especially minimal base-emitter capacities and best high-frequency properties without noticeably affecting the static properties of the bi-polar transistor with a low-doped cap layer - above all the ideal nature of the base current and low-frequency noise - and without increasing the process complexity.

This invention fulfills this task by introducing a special doping profile into an epitaxially produced cap layer (cap doping). This doping profile allows achieving a minimal base-emitter capacity and best high-frequency properties, but also restricts the effect of a generation-active and recombination-active interface between the cap layer and the insulator in the overlapping poly-silicon region in the interesting function range of the transistor, and improves the ideal nature of the base current.

Decisive for the good high-frequency properties is the base-side section in the cap layer of a preferable thickness between 20 nm and 70 nm with low-concentration doping, preferably less than $5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$.

On the emitter side, the cap layer is doped more highly. If the doping agent is of a conductivity type like the base layer, the doping agent concentration applied in the cap layer is preferably less than $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ in order to prevent tunnel currents.

The cap doping profile is preferably introduced by implantation in situ during the epitaxy procedure.

The characteristics of this invention are clear from the claims and also from the description and the drawings, where each characteristic - either individually or several characteristics in the form of sub-combinations - represent patentable designs, for which protection is demanded herein. Design examples are illustrated in the drawings and are explained in more detail in further text.

The drawings show:

- Figure 1: A schematic illustration of the emitter zone of a bi-polar transistor manufactured with a single poly-silicon technology with an epitaxially deposited base,
- Figure 2: A schematic illustration of the simulation region for the bi-polar transistor according to Fig. 1 (not in correct scale),
- Figure 3: Vertical doping profiles under the overlapping region for various cap doping levels,
- Figure 4: Transition frequency as a function of the collector current density for various doping profiles,
- Figure 5: Graphs for various doping profiles,
- Figure 6: Vertical doping profiles under the overlapping region for various cap doping

levels,

Figure 7: Graphs for various doping profiles,

Figure 8: Transition frequency as a function of the collector current density for various doping profiles, and

Figure 9: A schematic illustration of a bi-polar transistor during the manufacturing process.

The characteristics and effects of the cap doping profiles according to this invention are described by means of a two-dimensional element simulation on an npn SiGe HBT. The explanation can be applied to a pnp transistor accordingly.

Figure 6 shows characteristic examples for the vertical profiles (as proposed herein) in the cap layer 13 along a section line horizontal to the overlapping region. The [doping agent concentration of the] cap “profile p1” is growing in direction to the surface of the cap layer and reaches there its maximum concentration with about $9 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$, whereas the box-like profiles “p2” and “n3” are 10 nm wide and doped with $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$. The profiles p1 p2 are of a p conductivity type, profile n3 is of n-type. Figure 7 shows “Gummel” graphs to profiles p1, p2 and n3, when the characteristics of profile 1 from Fig. 5 were taken over for comparison. Figure 7 shows a clear improvement in the characteristics of the base current when cap doping is used as compared with the behavior of profile i. Dynamic calculations to these profiles lead to the results shown in Figure 8: Unlike the homogeneous dopings n1 and n2 with concentrations of $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ and $2 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$, profiles p1, p2 and n3 demonstrate no noticeable deterioration of transition frequencies in comparison with profile i. Decisive for the good high-frequency properties is the section in the cap layer of a preferable thickness of at least 20 nm with low-concentration doping, preferably less than $5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$. The results indicate that, in the example shown here, n-profiles and n-profiles in the cap layer can achieve comparable results.

In practice, the decision which doping type should be applied depends on the circumstance, e.g., of which type and density are the charges on the Si/insulator interface or in the insulator, or which manufacturing procedure can be used for the cap doping process. So, e.g., the proposed profiles can be introduced by implantation. However, this variant should be preferred only if the effects of point defects on the base profile can be controlled. Should the curing of the point defects lead to an increased diffusion of the base doping from the SiGe layer and, therefore, to an unacceptable deterioration of the electrical properties, other doping variants are required. For example, an in situ doping during the epitaxy process is possible. During this procedure, the type of the cap doping is co-determined by the safety and simplicity of the deposition process. The following text explains the manufacturing of a bi-polar transistor according to this invention on the example of an npn SiGe HBT. The revealed procedure can be applied to pnp transistors as well. In addition, according to this invention it is also possible not to use an epitaxy process on the base layer and, instead, introduce the base profile by implantation before the epitaxial manufacturing of the cap layer.

As illustrated in Figure 9, structured regions consisting of a collector region 112 of the conductivity type II and an insulation region 113 (which surrounds the collector region 112) were produced on a monocrystal substrate layer 111 of the conductivity type I. If the emitter and the collector are, e.g., n-conductive, the base is of the p-type and vice versa. Various suitable insulation techniques are known such as LOCOS processes, spaced mesa arrangements or deep or flat trench insulation.

On the basis of a differential epitaxy process, a buffer layer 114, a SiGe layer with in-situ doping of the base layer 115 of the conductivity type I and a cap layer 116 are applied on the entire surface.

While the buffer layer 114, the base layer 115 and the cap layer 116 grow – as monocrystal materials – on the silicon substrate, polycrystal layers 114/1, 115/1 and 116/1 arise over the insulation zone 113. After photolithographic masking, dry-etching techniques are applied to remove the epitaxy layer in those regions in which no transistors arise.

If a selective epitaxy process is used instead of differential epitaxy, where growth occurs exclusively on the silicon underground, the structuring of the epitaxy layer stack is eliminated.

In the following step, the silicon regions with an insulation layer 117 are exposed. This can be achieved by means of thermal oxidation and/or deposition. Layer stacks of dielectrics such as silicon oxide and silicon nitride can be applied. Besides that, the electrically conductive layer can be covered with a poly-silicon layer in order to maintain additional flexibility for the process at a later stage.

Essential from the point of view of the procedure according to this invention is the implementation of the cap doping profile in an epitaxially produced cap layer. There is a possibility to introduce similar profiles, as shown in Figure 6, in situ during the epitaxy process. Furthermore, a flat profile can be produced by implantation before or after the production of the insulation layer 117. In addition, various procedures for the diffusion of such profiles are also known. This can also be performed by means of an insulation layer highly enriched with the doping agent. A diffusion step can occur before or after further procedure steps. The use of diffusion-preventing ingredients in the collector, the base and the cap layer 116 such as carbon is especially useful if certain processes are used such as implantation, diffusion or thermal oxidation, which can cause an accelerated diffusion of the doping agents.

The transistor manufacturing process can now proceed with the structuring of a coating mask for the opening of the emitter window. In this step, the cover layers are removed in well-known etching procedures. In order to achieve good transistor properties, preferably wet-etching techniques should be used to expose the semiconductor surface.

The process continues with the deposition of an amorphous silicon layer for the creation of a poly-silicon emitter. This layer can be doped in situ by implantation during or immediately after the deposition.

The process then continues with conventional steps of structuring, implantation and passivation. The required high-temperature steps are taken to cure implantation defects and to form the poly-emitter. The manufacturing process is completed with the opening of the contact apertures for the emitter, the base and the collector and with a standard metallization of the transistor contacts.

This invention explains, on the basis of concrete design examples, a bi-polar transistor and a procedure for its manufacture. However, notice must be taken that this invention is not restricted to the particulars of the description of any particular design example, since, within the patent claims, changes and deviations are also subject to patent protection.

Patent claims

- Sub
a1
1. A procedure for the manufacture of a bi-polar transistor, during which structured regions consisting of a collector region (112) and an insulation region (113) - which surrounds the collector region (112) - are produced on a monocrystal substrate layer (111), a base layer (115) and, by means of epitaxy, a cap layer (116) are produced over the collector zone (112) - where an interposed buffer layer (114) can be deposited -, an insulation layer (117) is deposited over the cap layer (116), the insulation layer (117) is opened in the area of the effective emitter zone, a poly-Si or an α -Si layer is deposited and structured over the opened insulation layer (117) and is then used as an emitter-doping agent source and as a contact layer, **characterized in that** - before the diffusion from the emitter-doping agent source - a doping profile is introduced into the cap layer (116), and the profile is low-doped on the base side and highly doped on the emitter side.
 2. A procedure according to claim 1, **characterized in that** the base-side lower doping concentration of the cap layer (116) does not exceed values of $5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$.
 3. A procedure according to claims 1 or 2, **characterized in that** the cap layer (116) is of a thickness between 20 nm and 70 nm. A
 4. A procedure according to one or several of the preceding claims, **characterized in that** the emitter-side high doping concentration of the cap layer (116) does not exceed values of $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ if the doping agent is of the same conductivity type as the base layer (115).
 5. A procedure according to one or several of the preceding claims, **characterized in that** the cap doping profile is introduced by implantation.
 6. A procedure according to one or several of the preceding claims, **characterized in that** the cap doping profile is introduced in situ during the epitaxy process.
 7. A procedure according to one or several of the preceding claims, **characterized in that** the cap doping profile is introduced by diffusion from the insulation layer (117) that had been highly enriched with the doping agent.

- Sub
M
8. A bi-polar transistor, in which structured regions consisting of a collector region (112) and an insulation region (113) - which surrounds the collector region (112) - are produced on a monocrystal substrate layer (111), a base layer (115) and - where a buffer layer (114) can be interposed -, by means of epitaxy, a cap layer (116) are produced over the collector zone (112), an insulation layer (117) is deposited over the cap layer (116), the insulation layer (117) is opened in the area of the effective emitter zone, a poly-Si or an α -Si layer is deposited and structured over the opened insulation layer (117) and is then used as an emitter-doping agent source and as a contact layer, **characterized in that**, in the overlapping region (17) - the region between the edge of the emitter window and the outer delimitation of the structured poly-silicon or α -silicon layer (15) - the cap layer (13/116) contains a doping profile, and the profile is low-doped on the base side and highly doped on the emitter side.
- A
9. A bi-polar transistor according to claim 8, **characterized in that** the base-side lower doping concentration of the cap layer (13/116) does not exceed values of $5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$.
10. A bi-polar transistor according to one or several of claims 8 to 9, **characterized in that** the cap layer (13/116) is of a thickness between 20 nm and 70 nm.
11. A bi-polar transistor according to one or several of claims 8 to 10, **characterized in that** the emitter-side high doping concentration of the cap layer (13/116) does not exceed values of $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ if the doping agent is of the same conductivity type as the base layer (12,115).
- Add 2

July 31, 2001

CERTIFICATE OF ACCURACY

STATE OF PENNSYLVANIA)

COUNTY OF ALLEGHENY)

Re: PCT Application DE99/03961 and substitute pages

I, Devon Cole being duly sworn depose and state to the best of my knowledge, ability and belief:

That the attached English translation, prepared by a professional native-speaking translator who is equally proficient in the German and English languages, of the original German documentation described as:

“PCT Application DE99/03961”

is a true and correct translation of the patent application as filed and the annexes to the International Preliminary Examination Report, in the name of Hille & Mueller GmbH and Co.

SIGNATURE: _____

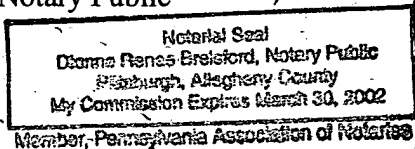
Devon Cole

Devon Cole
Project Coordinator

Sworn to before me this
Thirty-first day of July 2001

Deanne Renee Breisford

Notary Public



Deutsches Patent- und Markenamt · 80297 München

Herrn Patentanwalt
Wolfgang Heitsch
Göhlisdorfer Str.25g

Eingegangen

14. OKT. 1999

Patentanwalt
W. Heitsch

Ihr Zeichen: IHP.135.98

Bitte Aktenzeichen und Anmelder bei
allen Eingaben und Zahlungen angeben

Zutreffendes ist angekreuzt ☒ und/oder aus ausgefüllt

14778 Jeserig

Heitsch

Ergebnis einer Druckschriftenermittlung

Auf den Antrag des

wirksam am 14. Dezember 1998 gemäß ☒ § 43 Patentgesetz ☐ § 7 Gebrauchsmustergesetz
sind die auf den beigefügten Anlagen angegebenen öffentlichen Druckschriften ermittelt worden.
Ermittelt wurde in folgenden Patentklassen:

Klasse/Gruppe	Prüfer	Patentabt.
H01L 21/331	Siering	33

Die Recherche im Deutschen Patent- und Markenamt stützt sich auf die Patentliteratur folgender Länder und Organisationen:

Deutschland (DE,DD), Österreich, Schweiz, Frankreich, Großbritannien, USA, Japan (Abstracts),
UDSSR (Abstracts), Europäisches Patentamt, WIPO.

Recherchiert wurde außerdem in folgenden Datenbanken:

Anlagen:

Anlagen 1, 2 und 3 zur Mitteilung der ermittelten Druckschriften

Patentabteilung 11
Recherchen-Leitstelle

22 Druckschrift(en) bzw. Ablichtung(en)



P 2251
11/88
08.95

Annahmestelle und
Nachbriefkasten
nur
Zweibrückenstraße 12



Schnellbahnanschluß im
Münchner Verkehrs- und
Tarifverbund (MUV):

Dienstgebäude
Zweibrückenstraße 12 (Hauptgebäude)
Zweibrückenstraße 5-7 (Breiterhof)
Winzererstraße 47a/Saarstraße 5

Winzererstraße 47a / Saarstraße 5:
U2 Hohenzollernplatz

Hausadresse (für Fracht)
Deutsches Patent- und Markenamt
Zweibrückenstraße 12
80331 München

Zweibrückenstraße 12 (Hauptgebäude), Zweibrückenstraße 5-7 (Breiterhof):
S1 - S8 Isartor

Telefon (089) 2195-0
Telefax (089) 2195-2221

Bank: Landeszentralbank München 700 010 54
(BLZ 700 000 00)

Internet-Adresse <http://www.patent-und-markenamt.de>

198 57 640.4

Deutsches Patent- und Markenamt 80297 München

Anlage 1

zur Mitteilung über die ermittelten Druckschriften
gemäß § 43 des Patentgesetzes.

Druckschriften:

D8	✓	DE-AS	17 64 313	D15	✓	DE	42 40 738 A1
D9	✓	FR	26 93 839 A1	D16	✓	US	57 89 301 A
D10	✓	US	56 98 459 A	D17	✓	US	56 56 514 A
D11	✓	US	56 48 294 A	D18	✓	US	56 20 907 A
D12	✓	US	55 89 409 A	D19	✓	US	55 83 059 A
D13	✓	EP	08 18 829 A1	D20	✓	EP	05 52 561 A2
D14	✓	EP	05 29 772 A1		✓	WO	98 26 457 A1 → D5 (PCT)

Literatur:

- D21 ✓ CHO, D.-H., et.al.: A 42-GHz (fmax) SiGe-BASE HBT Using Reduced Pressure CVD. In: Solid-State Electronics, Vol.42, No.9, 1998, S.1641-1649;
- D22 ✓ LOMBARDO, Salvatore A., et.al.: Band-Gap Narrowing and High-Frequency Characteristics of Si/Ge+x+ Si+1-x+ Heterojunction Bipolar Transistors Formed by Ge Ion Implantation in Si. In: IEEE Transactions On Electron Devices, Vol.45, No.7, July 1998, S.1531-1537;
- D23 ✓ BENSANEL, D., et.al.: Single-wafer processing of in situ-doped polycrystalline Si and Si+1-x+Ge+x+. In: Solid State Technology, March 1998, S.S5 - S.S10;
- D24 ✓ HOPE, D.A.O., et.al.: Real-time control of layer thickness in LPCVD Si/Si+88+Ge+12+ HBT structures. In: Thin Solid Films 294, 1997, S.18-21;
- D25 ✓ HUETING, Raymond J.E., et.al.: On the Optimization of SiGe-Base Bipolar Transistors. In: IEEE Transactions On Electron Devices, Vol.43, No.9,

198 57 640.4

Deutsches Patent- und Markenamt . 80297 München

Anlage 2

zur Mitteilung über die ermittelten Druckschriften
gemäß § 43 des Patentgesetzes

Sonstiges:

\$ Sep. 1996, S. 1518-1524;

JP Patent Abstracts of Japan:

D26 ✓ 0010039061 AA;

D27 ✓ 0060037105 AA;

D28 ✓ 0620210670 AA;

Aktenzeichen

198 57 640.4

Erläuterungen zu den ermittelten Druckschriften:		
1	2	3
Kategorie	Ermittelte Druckschriften/Erläuterungen	Betrifft Anspruch
A	siehe Entgegenhaltungen auf Anlage 1;	
Y	US 56 48 294 A	1
Y	JP 0010039061 AA, In: Patent Abstracts of Japan;	1
Y	HOPE, D.A.O., et al.: Real-time control of layer thickness in LPCVD Si/Si. 88 Ge 12 HBT structures. In: Thin Solid Films 294, 1997, S. 18-21;	1

09/857859

KOPIE

531 Rec'd PCT

11 JUN 2001

Wolfgang Heitsch
Patentanwalt
Europäischer Patentvertreter

Wolfgang Heitsch Patentanwalt * Göhlisdorfer Straße 25g * 14778 Jeserig

Europäisches Patentamt
z.H. Herrn A. Madenach

80298 München

Kanzlei:
Wolfgang Heitsch, Patentanwalt
Göhlisdorfer Straße 25g * 14778 Jeserig
Tel. (033207) 51 138 * Fax (033207) 32 898

Raiffeisenbank Mittelmark eG

BLZ 160 820 48 * Konto 171 69 13

Ihr Zeichen
PCT/DE99/03961

Ihre Nachricht

Unser Zeichen
IHP.169.PCT
Pria

Datum
15. November 2000

Internationale Patentanmeldung "Bipolartransistor und Verfahren zu seiner Herstellung"

Internationales Aktenzeichen: PCT/DE99/03961

Anmelder: Institut für Halbleiterphysik Frankfurt (Oder) GmbH

hier: Erwiderung zum schriftlichen Bescheid vom 8. September 2000

Sehr geehrter Herr Madenach,

auf den oben genannten Bescheid werden anliegend geänderte Patentansprüche und eine geänderte Beschreibung eingereicht. Diese erhalten Sie in einem Exemplar mit markierten Änderungen sowie in zwei Exemplaren eine Neufassung der Anmeldung.

Die gegebenen Hinweise waren der Anmelderin Anlass, eine Überarbeitung der Anmeldung vorzunehmen, jedoch kann die Anmelderin den Ausführungen der Prüfungsstelle nicht in vollem Umfang folgen, so dass das Schutzbegehren, wenn auch in eingeschränkter Form, aufrecht erhalten wird.

Die Ansprüche 4, 9 bis 13 und 17 der veröffentlichten Fassung wurden gestrichen.

Als Cap-Schicht wird sehr wohl die gesamte Schicht (116) bezeichnet. In diese wird ein Dotierungsprofil eingebracht, welches basisseitig schwach und emitterseitig höher dotiert ist. Hieraus folgt, dass dieses Dotierungsprofil vor dem Eindiffusionsschritt aus der Emitterdotierstoffquelle vorhanden ist. Dieser Sachverhalt wurde in dem neu gefassten Anspruch 1 konkretisiert. Dies führt zu einem Bipolartransistor, der im Überlappungsbereich (17), definiert in der Beschreibung auf Seite 2, Zeilen 21 bis 23, ein Dotierungsprofil enthält, welches basisseitig schwach und emitterseitig höher dotiert ist.

Die Entgegenhaltung D1 wurde in den Stand der Technik aufgenommen.

Figur 4 aus D2 zeigt das vertikale Dotierungsprofil im Emitterbereich. In Figur 6 der vorliegenden Anmeldung ist hingegen das erfindungsgemäße vertikale Dotierungsprofil im Überlappungsbereich (17) dargestellt. Die Entgegenhaltungen D2 bis D5 betreffen nicht das Verfahren oder den Gegenstand der vorliegenden Anmeldung.

Sollten Ihrerseits Fragen oder Bedenken hinsichtlich der geänderten Fassung der Patentanmeldung bestehen, möchte die Anmelderin Sie bitten, zunächst einen weiteren schriftlichen Bescheid zu erstellen.

Hilfsweise wird um eine telefonische Konsultation gebeten.

Mit freundlichen Grüßen

Wolfgang Heitsch



Anlagen:

2 Exemplare der Neufassung

1 Exemplar der ursprünglichen Anmeldung mit markierten Änderungen